

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA



EYELINKS - NAVEGAR EM PÁGINAS WEB USANDO APENAS O OLHAR

Pedro Paulo Romana Azevedo de Figueiredo

MESTRADO EM ENGENHARIA INFORMÁTICA
Especialização em Arquitectura, Sistemas e Redes de Computadores

Dissertação orientada por:
Prof. Doutor Manuel João Caneira Monteiro da Fonseca

2017

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Manuel João Fonseca, pela sua excelente capacidade de organização e constante apoio, fundamentais para a realização desta dissertação. A sua experiência nesta área e interesse pelo trabalho desenvolvido, permitiu resolver os problemas que surgiram ao longo do trabalho. Durante a escrita da dissertação, a sua disponibilidade e espírito crítico incentivaram-me a aperfeiçoar este trabalho até ao maior detalhe.

Agradeço ao LASIGE pela bolsa que me foi atribuída e pelo espaço de trabalho disponibilizado na faculdade, e ao Departamento de Informática pelo equipamento (*eye tracker*).

Quero agradecer também aos meus amigos e colegas, em especial, João Silva, Nelson Silva, Gonçalo Lima, Leonardo Monteiro e José Fernandes pela disponibilidade e preocupação em acompanhar o trabalho desenvolvido.

Gostaria também de expressar a minha gratidão a todas as pessoas envolvidas nos testes ao *EyeLinks*, pela sua paciência e tempo despendido. A sua contribuição foi determinante para o sucesso deste trabalho.

Por fim e não menos importante, quero agradecer à minha família, em especial, aos meus pais, irmã e avó, pela motivação constante e apoio incondicional durante este trabalho.

À minha avó Teresa.

Resumo

As técnicas de interação com o computador como o rato e o teclado, permitem uma experiência de navegação sólida e familiar aos utilizadores. Contudo, não são adequadas para a totalidade dos utilizadores dado que, em alguns cenários a interação usando o olhar poderá ser a única forma disponível de interagir com o computador. No entanto, para este tipo de interação, a falta de modalidades de entrada, limita as possibilidades de seleção de objetos, como por exemplo, links numa página web. Por esta razão, desenvolvemos o *EyeLinks*, uma técnica de interação usando apenas o olhar que permite a seleção de links em qualquer página web, através de um dispositivo de entrada alternativo (*eye tracker*). Para o desenho da técnica fizemos, em primeiro lugar, um estudo sobre as técnicas de interação usando o olhar e de desenho de interface já existentes e, em segundo lugar, identificámos os tipos de links mais relevantes das páginas web. A técnica desenvolvida permite a seleção destes links, através de duas breves fixações. A fixação num link, faz com que lhe seja atribuído um identificador numérico, com correspondência a um botão de confirmação disposto numa barra lateral. Uma fixação neste botão de confirmação, selecciona o link pretendido.

A avaliação da usabilidade do *EyeLinks*, através de testes com um grupo de utilizadores, revelou que esta solução apresenta melhor desempenho e usabilidade face a uma técnica de referência já existente.

Palavras-chave: interação usando o olhar, *eye tracker*, navegação na web, modalidades de entrada, técnicas de interação e desenho de interface

Abstract

Computer interaction techniques, such as the mouse and keyboard, allow a solid and familiar browsing experience for users. However, conventional techniques are not suited for every user, because in some scenarios, gaze interaction might be the only available means of interaction with a computer. However, this type of interaction lacks input mechanisms, limiting object selection possibilities, for example, links on a web page. Therefore, we designed EyeLinks, a gaze interaction technique that allows the selection of links on any web page, using an alternative input device (eye tracker). To accomplish this goal, we started by doing a study about existing gaze interaction and interface design techniques, and identified the most relevant selection scenarios on web pages. Our technique allows the selection of these links through two brief fixations. Fixating on a link, assigns a numeric tag to both the link and a confirm button in a sidebar. Fixating on this confirm button, selects the desired link.

Our solution's usability evaluation, through tests to a group of users, revealed that *EyeLinks* has better performance and usability compared with an existent reference technique.

Keywords: gaze interaction, eye trackers, web browsing, input means, interaction and interface design techniques

Conteúdo

Lista de Figuras	xiv
-------------------------	------------

Lista de Tabelas	xvii
-------------------------	-------------

1	Introdução	1
1.1	Motivação	1
1.2	Objetivos	2
1.3	Solução Desenvolvida	2
1.4	Contribuições e Resultados Atingidos	3
1.5	Organização da Dissertação	3
2	Trabalho relacionado	5
2.1	Interação com o Olhar	5
2.1.1	Vantagens da Interação com o Olhar	6
2.1.2	Problemas Associados à Interação com o Olhar	7
2.2	Técnicas para Seleção de Opções	7
2.2.1	<i>Dwell</i>	8
2.2.2	<i>Saccades</i>	9
2.2.3	<i>Antisaccades</i>	13
2.2.4	<i>Blinking</i>	15
2.3	Técnicas para Desenho de Interface	16
2.3.1	<i>Feedback</i>	16
2.3.2	<i>Two-step Fixation</i>	17
2.3.3	<i>Magnification</i>	18
2.3.4	<i>Scroll</i>	19
2.4	Soluções para Navegação na Web	20
2.5	Soluções para Entrada de Texto	27
2.6	Análise e Discussão	32
2.7	Síntese	36

3	<i>EyeLinks</i>: Solução para Seleção de Links Usando o Olhar	39
3.1	Tipos de seleção	39
3.2	Conceção da Técnica de Seleção de Links	41
3.2.1	Decisões de Desenho	41
3.2.2	Processo de Seleção de Links	43
3.3	Concretização da Técnica de Seleção de Links	44
3.3.1	Atribuição de IDs	44
3.3.2	Seleção de Links	48
3.4	Tecnologia	49
3.5	Síntese	50
4	Avaliação Experimental	53
4.1	Testes Preliminares e Testes Piloto	53
4.1.1	Testes Preliminares ao <i>EyeLinks</i>	53
4.1.2	Testes Piloto ao <i>EyeLinks</i> e <i>Actigaze</i>	54
4.2	Descrição da Experiência	55
4.3	Resultados Experimentais	57
4.3.1	Análise dos Resultados	58
4.3.2	Testes à Normalidade	60
4.3.3	Tempo de Seleção de Links	64
4.3.4	Número de Falhas	65
4.3.5	<i>SUS Score</i>	66
4.4	Questionários de Satisfação	67
4.5	Discussão e Implicações	71
4.6	Síntese	72
5	Conclusões e Trabalho Futuro	75
5.1	Sumário da Dissertação	75
5.2	Contribuições e Limitações	76
5.3	Trabalho Futuro	76
	Bibliografia	79
	Apêndice A Guião Experimental	83
	Apêndice B Questionários	87

Lista de Figuras

2.1	Tecnologia de <i>eye tracking</i> baseada num LED infravermelho.	6
2.2	<i>Eye tracker</i> fixo na cabeça e <i>eye tracker</i> remoto.	6
2.3	Técnica de <i>dwell</i> , representada por uma máquina de estados.	8
2.4	Técnica de <i>scanning</i>	9
2.5	Modelo para tradução de gestos em comandos.	9
2.6	Tradução de uma sequência de movimentos num comando.	10
2.7	Modelo de gestos de 2 e 3 movimentos, para um MMORPG.	11
2.8	Disposição em diamante do modelo de gestos para um MMORPG	11
2.9	Modelo de gestos e de <i>dwell</i> , para um MMORPG	12
2.10	Esquema dos comandos possíveis associados ao modelo de gestos. . . .	12
2.11	Processo de seleção usando <i>antisaccades</i>	13
2.12	Disposição de objetos numa seleção por <i>antisaccades</i>	14
2.13	<i>BlickWrite2</i>	15
2.14	Tamanho dos objetos e eficácia na seleção.	16
2.15	Exemplo de resposta do sistema, face a uma seleção.	17
2.16	Exemplo de aplicação do <i>Two-step fixation</i>	18
2.17	Ampliação por <i>fisheye lens</i>	19
2.18	Técnica de ampliação gradual.	19
2.19	Técnica de <i>auto-scrolling</i>	20
2.20	<i>Multiple Confirm</i>	21
2.21	<i>Radial Confirm</i>	21
2.22	<i>Actigaze</i> , numa página <i>wikipedia</i>	22
2.23	<i>Accessible Surfing Extension (ASE)</i> numa configuração numérica. . . .	24
2.24	<i>Variante do Accessible Surfing Extension (ASE)</i>	25
2.25	Técnica para seleção de links num navegador web	25
2.26	<i>Browser window</i>	26
2.27	<i>Link window</i>	26
2.28	Interface do protótipo para pessoas de mobilidade reduzida.	27
2.29	Zonas de seleção num <i>pie menu</i>	28
2.30	<i>pEYEdit</i>	29
2.31	<i>KKboard</i> , baseado no <i>context switching</i>	30

2.32	<i>Iwrite</i>	31
2.33	<i>StarWrite</i>	31
3.1	Técnica de seleção na solução <i>EyeLinks</i> , baseada em duas breves fixações.	41
3.2	Exemplo ilustrativo da área em redor do ponto de fixação atual (<i>red box</i>).	43
3.3	Máquina de estados da solução <i>EyeLinks</i>	44
3.4	Processamento de um movimento do cursor na solução <i>EyeLinks</i>	45
3.5	Exemplo das dimensões da área de interesse do utilizador (<i>red box</i>).	46
3.6	Esquema de redimensionamento da <i>red box</i>	47
3.7	Página web adaptada para interação com o olhar, através do <i>EyeLinks</i>	49
3.8	Barra de progresso de um botão de confirmação.	49
4.1	Barra lateral do <i>EyeLinks</i> apresentada nos testes preliminares e testes piloto.	54
4.2	Procedimento experimental dos testes realizados ao <i>EyeLinks</i>	55
4.3	Diagrama de extremos e quartis do tempo de seleção de links (por técnica).	59
4.4	Diagrama de extremos e quartis do número de falhas de cada técnica.	59
4.5	Diagrama de extremos e quartis do <i>SUS score</i> de cada técnica.	60
4.6	Histogramas do tempo de seleção de links, das três técnicas de interação.	61
4.7	Histogramas do número de falhas, das três técnicas de interação.	62
4.8	Histogramas do <i>SUS score</i> de cada técnica de interação	63
4.9	Escala para medir o grau de concordância com uma afirmação.	68
4.10	Diagrama de extremos e quartis para a familiarização com as soluções.	68
4.11	Exemplo de uma escala de Likert para medir características das soluções.	69

Lista de Tabelas

3.1	Tipos de links suportados por cada técnica.	40
4.1	As 6 possíveis ordens de teste, para a primeira tarefa.	57
4.2	Sumário dos resultados da experiência.	58
4.3	Valor ρ para o tempo de seleção de links de cada uma das técnicas.	62
4.4	Valor ρ para a variável de número de falhas de cada uma das técnicas.	63
4.5	Valor ρ para a variável <i>SUS score</i> de cada uma das técnicas.	64
4.6	Valores de ρ_{adj} para a variável de tempo de seleção (<i>Pairwise t-Test</i>).	65
4.7	Valores de ρ_{adj} , para a variável de número de falhas (<i>Nemenyi test</i>).	66
4.8	Valores de ρ_{adj} , para a variável <i>SUS score</i> (<i>Nemenyi test</i>).	67
4.9	Tipos de links suportados por cada técnica, incluindo o <i>EyeLinks</i>	72

Capítulo 1

Introdução

Neste capítulo apresentamos a motivação, os objetivos a cumprir, uma breve descrição da solução desenvolvida para a seleção de links usando o olhar, em páginas web, assim como as principais contribuições e resultados obtidos.

1.1 Motivação

A navegação na web requer da parte dos utilizadores o uso intensivo do rato para seleccionar links e para deslocar a página para cima e para baixo. Para além do rato, podemos usar o toque ou comandos por voz. No entanto, existem situações onde utilizadores com limitações físicas não conseguem usar nenhuma destas formas de interação. A interação usando o olhar constitui uma alternativa aos métodos de entrada convencionais e procura assegurar que pessoas com deficiências motoras severas conseguem interagir com um computador, comunicar, escrever emails e jogar. Adicionalmente, a interação usando o olhar tem potencial para ser usada em qualquer contexto e rivalizar com as técnicas de interação habituais. Por exemplo, muitas pessoas trabalham com vários computadores e vários monitores ao mesmo tempo. Neste cenário, o olhar pode ser usado como método de interação, permitindo o uso de várias máquinas em simultâneo de forma mais rápida e assim, aumentar os índices de produtividade. Além disso, este tipo de interação pode ser útil em ambientes ruidosos ou para tarefas em que as mãos estão ocupadas.

Uma das tarefas mais realizadas pelas pessoas no seu dia a dia é navegar na internet. Como tal, se quisermos oferecer aos utilizadores a possibilidade de poderem navegar usando olhar, torna-se necessário criar novas técnicas de interação. Para tal, é fundamental reunir as melhores técnicas para seleccionar e representar opções, como links ou botões, de modo a tornar a navegação eficaz, eficiente e cómoda para o utilizador. No entanto, as soluções de navegação web existentes para este tipo de interação, não são adequadas à maioria das páginas web e são baseadas em técnicas de seleção e de desenho de interface que tornam o processo de interação demorado e propenso a erros de seleção. Assim, propomos o *EyeLinks*, uma solução que permite a navegação em qualquer página web

usando apenas o olhar e adequada aos vários cenários de seleção com que os utilizadores se deparam.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento de uma técnica de interação que permita navegar na web com o olhar de forma eficiente. Para isso usamos um dispositivo de seguimento do olhar (*eye tracker*) que permite identificar o ponto no ecrã para onde o utilizador está a olhar. A técnica será materializada numa extensão para o navegador *Google Chrome* e avaliada para medir a sua eficácia, eficiência e satisfação do utilizador.

Para cumprir o objetivo principal do trabalho, é necessário, em primeiro lugar, identificar as técnicas de interação mais usadas no contexto de interação com o olhar e estudar os princípios de design de interface, adequados a este tipo de interação. Por último, devemos identificar os diferentes tipos de seleção presentes em páginas web, para garantir que a técnica desenvolvida não apresenta limitações na seleção destes links.

1.3 Solução Desenvolvida

A solução desenvolvida no contexto deste trabalho consiste numa técnica de interação que permite a navegação em páginas web apenas com o olhar.

Contrariamente à maioria das técnicas de interação usando o olhar, o *EyeLinks* não altera significativamente a interface das páginas web. Em alternativa, a seleção de links é feita através de uma barra lateral à direita de cada página, que contém botões selecionáveis por uma fixação do olhar. Este desenho tem como principal objetivo, contornar os problemas de imprecisão dos *eye trackers* e evitar o foco e seleção de links não desejados.

O *EyeLinks* usa uma técnica de seleção indireta de links que divide o processo de seleção em duas fixações (*two-step fixation*), uma no link pretendido e outra num botão que o representa. Como a seleção nunca é feita diretamente num link, o *EyeLinks* permite a navegação livre em qualquer página web, sem o risco de ocorrer uma seleção acidental.

Para a correspondência entre links e respetivos botões de seleção, atribuímos a cada link um identificador numérico. Como cada botão apresenta também um identificador numérico, a sua localização e seleção são imediatas. A ordem numérica ajuda também a diminuir a probabilidade de ocorrer um erro na seleção. No entanto, mesmo que o utilizador inicie uma fixação num botão errado, pode cancelar a seleção do mesmo, movendo o olhar para outra zona do ecrã. Cada botão disponibiliza *feedback* ao utilizador durante uma fixação, através de uma barra de progresso que facilita o cancelamento.

Quando comparada com outras soluções, a técnica *EyeLinks* permite a seleção de uma maior variedade de links e apresenta algumas opções de navegação como o retroceder, o

avançar ou o atualizar a página. Além disso, podemos assegurar uma taxa de erro de seleção baixa de 4,6% (contra 0,9% para o rato) de acordo com os testes feitos com utilizadores.

Em comparação com a técnica de interação mais usada (rato), o *EyeLinks* tira partido da velocidade dos movimentos dos olhos e do facto de não ser necessário operar qualquer dispositivo. Por estas razões, com algum grau de habituação, a técnica que propomos pode constituir uma alternativa ao rato para a navegação em páginas web.

1.4 Contribuições e Resultados Atingidos

Com a realização desta dissertação conseguimos criar uma técnica de interação com o olhar, com características que lhe conferem um desempenho superior a técnicas já existentes. Face a estas técnicas, o *EyeLinks* apresenta uma melhor curva de aprendizagem, menos ocorrências de falhas e tempos de seleção menores. Além disso, permite uma experiência de navegação na web semelhante à do rato, com total liberdade e sem a ocorrência de seleções acidentais. A nossa solução permite também a seleção da generalidade de links existentes nas páginas web, apresentando poucas limitações neste campo.

Além da criação desta técnica, realizámos um estudo detalhado de várias técnicas de seleção usando o olhar bem como princípios de design de interface para páginas web. Este estudo pode revelar-se útil para pessoas que queiram aprofundar a técnica que concebemos ou que queiram desenvolver a sua própria solução de navegação na web com o olhar.

Através dos testes realizados a 19 utilizadores, concluímos que o *EyeLinks* pode ser usado para a seleção de diversos links na web, de forma fluida e com um grau de satisfação semelhante ao do rato. Os tempos de seleção de links, apesar de superiores aos do rato, com um maior grau de habituação e com um *eye tracker* mais preciso, diminuiriam significativamente. A maioria dos utilizadores considerou também a imprecisão do *eye tracker* como a principal causa de erros na seleção cujo número foi, ainda assim, bastante baixo.

1.5 Organização da Dissertação

No Capítulo 2 descrevemos vários trabalhos relacionados com o tópico deste trabalho e fazemos uma análise e discussão dos mesmos. No Capítulo 3 apresentamos o *EyeLinks*, uma solução para tornar possível a navegação em páginas web usando apenas o olhar. Posteriormente, no Capítulo 4, fazemos uma descrição dos testes realizados a esta solução, bem como a análise dos resultados. Finalmente, no Capítulo 5, fazemos um sumário da dissertação e conclusões atingidas.

Capítulo 2

Trabalho relacionado

Neste capítulo apresentamos trabalhos que descrevem técnicas de interação e princípios de design de interface indicados para a interação com o olhar. Para que estes conceitos sejam mais facilmente interpretados e para que se compreenda a sua importância, começamos por dar uma explicação sobre as vantagens e desvantagens da interação usando o olhar, bem como a sua relação com os *eye trackers*. No final do capítulo apresentamos uma análise e discussão do conhecimento adquirido da leitura destes trabalhos.

2.1 Interação com o Olhar

A interação usando o olhar necessita de *eye trackers*, dispositivos que capturam o foco da visão de um utilizador num ecrã. Os sistemas de *eye tracking* monitorizam e traduzem o movimento dos olhos do utilizador em, por exemplo, coordenadas num ecrã de computador, depois de um processo de calibração. Estas coordenadas são fornecidas pelo *eye tracker* através de ferramentas que permitem ao programador manipular esta informação.

A tecnologia atual de *eye tracking* baseia-se na reflexão de um LED infravermelho no olho do utilizador. Como o olho é perfeitamente redondo, o ponto de reflexão mantém-se na mesma posição independentemente da direção para a qual se está a olhar. De seguida, a câmara presente no *eye tracker* deteta o ponto de reflexão e o centro da pupila, sendo a direção do olhar calculada através da distância entre estes pontos [7] (Figura 2.1). Depois de um processo de calibração, o *eye tracker* dá coordenadas de ecrã ao computador.

Existem vários métodos de *eye tracking*, como os *head mounted systems*, afixados na cabeça do utilizador, e os sistemas remotos (Figura 2.2). Para este trabalho, onde pretendemos privilegiar a eficácia e a comodidade, é dada preferência aos sistemas remotos, como é o caso do *TheEyeTribe*, o *eye tracker* que usamos. Este tipo de sistemas, apesar de não permitir grande liberdade de movimentos, é mais barato e não-intrusivo, contrariamente aos *head mounted systems*, que são dispositivos delicados e que obstruem parte do campo de visão do utilizador, tornando a interação menos cómoda e menos natural ao utilizador.

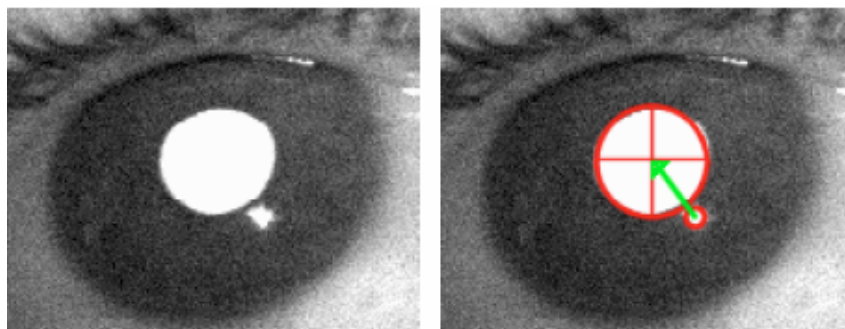


Figura 2.1: Ponto de reflexão e a sua distância ao centro da pupila [7].

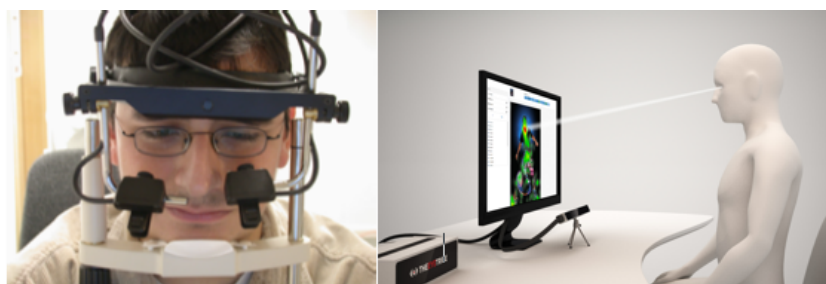


Figura 2.2: Exemplo de *head mounted eye tracker* (à esquerda) e *eye tracker* remoto (à direita).

2.1.1 Vantagens da Interação com o Olhar

A interação usando o olhar é tipicamente associada a sistemas de *eye tracking* complexos e de difícil compreensão e por isso, é maioritariamente usada no domínio da acessibilidade [7]. No entanto, o conjunto de vantagens que a interação com o olhar apresenta, pode ser explorada em qualquer outro contexto. Em primeiro lugar, de acordo com um estudo de Ware e Mikaelian [31], a interação com o movimento dos olhos é significativamente mais rápida que o movimento de um cursor com o rato, assumindo que os alvos são suficientemente grandes. Os mesmos autores observaram que antes do utilizador operar qualquer dispositivo, a maioria das vezes olha primeiro para onde vai mover o dispositivo. Em segundo lugar, em ambientes de trabalho onde as mãos estão continuamente ocupadas ou não podem ser usadas (em caso de lesão ou deficiência motora), o olhar surge como uma boa alternativa para interagir com um computador. Em terceiro lugar, a interação com o olhar é fácil de operar e não necessita de coordenação ou treino, já que é uma tarefa natural ao utilizador [17]. Em quarto lugar, devido à natureza dos músculos que controlam os olhos, o movimento destes não causa níveis de fadiga elevados, sendo ideal para tarefas de indicar objetos. Finalmente, a tecnologia mais recente de *eye tracking* não é intrusiva, já que os utilizadores não usam ou seguram um dispositivo, contrariamente à interação com o rato. Um ponto também importante na interação usando o olhar, é o facto do olhar traduzir onde está o interesse do utilizador, já que a mais simples mudança no

seu olhar, muda também o seu foco de atenção [17].

Por estas razões, o controlo de computadores através de movimentos com os olhos tem vindo a ser estudado de forma cada vez mais profunda.

2.1.2 Problemas Associados à Interação com o Olhar

A interação usando o olhar tem como principal limitação a precisão, que depende quer da resolução da câmara presente no *eye tracker*, quer dos constantes movimentos involuntários dos olhos (*jitter*). A ocorrência destes movimentos obriga não só ao desenho de uma interface com elementos de grandes dimensões, como também à necessidade de distinguir movimentos que traduzem comandos, de movimentos naturais involuntários [7]. Por esta razão, o processo de interação é muito diferente das técnicas convencionais, dado que com o uso do rato ou de outro dispositivo de entrada manual, o processo é lento e controlado. Além disso, como os olhos são usados tanto para a tarefa de navegação como de seleção (*output* e *input*), não é possível indicar com naturalidade quando se quer tornar um movimento dos olhos num comando. Para contornar este problema, a seleção de objetos usando o olhar é feita maioritariamente através de fixações, em que o utilizador se foca numa zona do ecrã, durante um determinado tempo. Para poder rivalizar com os métodos de entrada convencionais, a duração destas fixações deve ser reduzida. Porém, é importante que cada movimento dos olhos não signifique uma seleção no ecrã. Esta situação constitui um grande desafio na interação usando o olhar e é conhecida como o problema de Midas, onde não é possível olhar para sítio algum sem invocar um comando [16].

Outro problema da interação com o olhar, é saber qual o retorno que deve ser dado quando o *eye tracker* falha ao obter a imagem do olho e por consequência, as coordenadas no ecrã. A falha pode ser causada por vários fatores como o piscar involuntário de olhos ou a cabeça do utilizador mover-se para fora do alcance do *eye tracker* [17].

Na secção seguinte descrevemos algumas soluções que procuram resolver problemas da interação usando o olhar, em particular o problema de Midas.

2.2 Técnicas para Seleção de Opções

Existem diversas técnicas de interação usando o olhar que procuram contornar o problema de Midas. Segundo Jacob [16], um fator importante a ter em conta no desenho de um sistema baseado nesta forma de interação, é evitar abordagens em que o substituto direto do cursor do rato são os movimentos dos olhos, ou seja, a mudança de direção do olhar corresponder a um movimento do cursor. De facto, a perceção de visão requer, normalmente, que os olhos inspecionem a “cena” antes de atuar sobre ela, pelo que não é indicado que cada movimento dos olhos signifique um movimento ou seleção no ecrã.

Desta forma, uma hipótese para mitigar o problema de Midas, seria desenvolver uma interface que permitisse ao utilizador escolher quando quer que o seu olhar se traduza em comandos, de modo que este possa olhar livremente sempre que quiser. Uma alternativa seria o utilizador seleccionar uma tecla que indique que o objeto para o qual está a olhar deve ser seleccionado.

2.2.1 *Dwell*

Atualmente, uma das técnicas mais usadas de seleção usando o olhar, é a técnica de *dwell*. Este método recorre apenas ao olhar do utilizador e corresponde à seleção baseada numa componente temporal (*dwell time*), ou seja, o tempo de fixação num objeto determina a sua seleção (Figura 2.3). A técnica de *dwell*, apesar de não causar desconforto significativo, tem um impacto negativo no desempenho. De facto, tempos de fixação longos aumentam a duração da interação, o que retira por completo a vantagem da velocidade de movimento, inerente à interação com os olhos. Por outro lado, tempos de fixação reduzidos podem causar seleções indesejadas, o que aumenta o número de erros de interação.

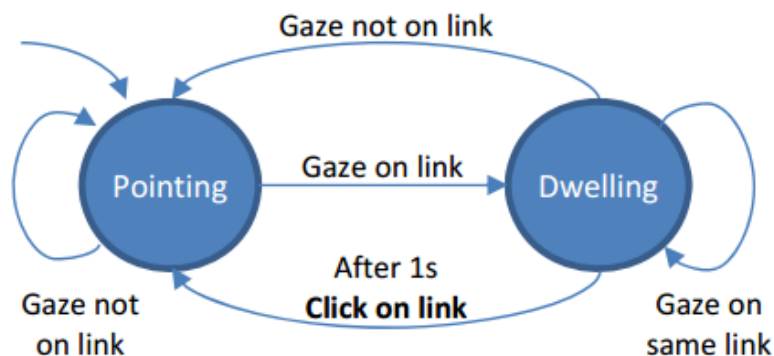


Figura 2.3: Técnica de *dwell*, representada por uma máquina de estados.

Apesar da técnica de *dwell* ser bastante utilizada no contexto de interação com o olhar, alguns utilizadores podem ter dificuldades na fixação, devido a alguma condição de saúde. Nestes casos, deve ser evitada a componente temporal, que requer a fixação dos olhos durante um determinado tempo. Em alternativa, pode ser usado um método de *scanning* para a seleção. Esta técnica percorre os comandos da interface até que o utilizador faça um movimento com o olhar (gesto), que signifique a seleção do comando atual [20] (Figura 2.4). O *scanning* é um método demorado e, por isso, é mais adequado para grupos de itens mais largos, por exemplo, uma tabela. Desta forma, percorre-se primeiro as linhas da tabela e depois procura-se a coluna pretendida, de modo que a seleção corresponda ao item pretendido.

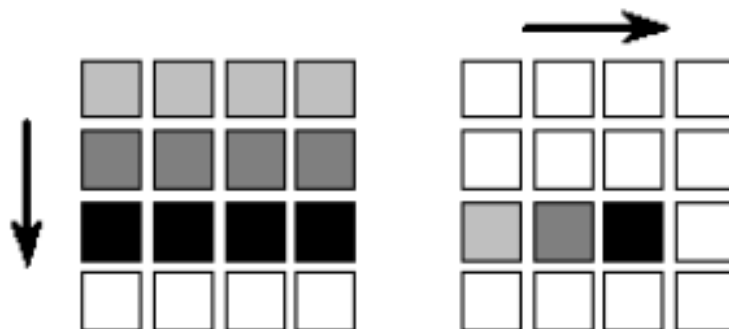


Figura 2.4: *Scanning* linha-coluna sequencial [29].

2.2.2 Saccades

Os gestos (*saccades*) são também uma forma popular de interação usando o olhar. Para determinar se os problemas inerentes a esta forma de interação impossibilitam o uso de gestos complexos, Schmidt e Drewes [7] fizeram um estudo em que os participantes, através do seu olhar, realizavam gestos para fechar uma janela de diálogo sob diferentes planos de fundo (para acentuar a dificuldade) e para navegar na web, com o propósito de registrar quais os gestos mais comuns durante a interação. Os resultados do estudo indicam que os utilizadores de diversas faixas etárias conseguem não só realizar gestos complexos, como também o fazem com alguma facilidade. O tempo médio necessário para fechar a janela de diálogo usando um gesto, situou-se nos 1,85 segundos, valor semelhante ao tempo de interação com o rato. A duração da interação revelou-se independente da complexidade do gesto ou do plano de fundo, dependendo apenas do número de segmentos do gesto. O estudo permitiu também concluir que, de acordo com o modelo de gestos considerado (Figura 2.5), o gesto RLRLRL ocorre muito frequentemente por ser o movimento normal do olhar e, por essa razão, não deve ser usado para traduzir qualquer comando. Para o reconhecimento de um comando, é traduzida uma sequência de movimentos do olhar numa cadeia de caracteres (Figura 2.6), de acordo com o modelo em questão.

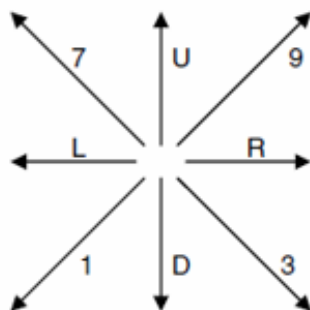


Figura 2.5: Modelo que indica as oito direções de um gesto [7].

Além deste estudo, os autores apresentam uma experiência em que os utilizadores

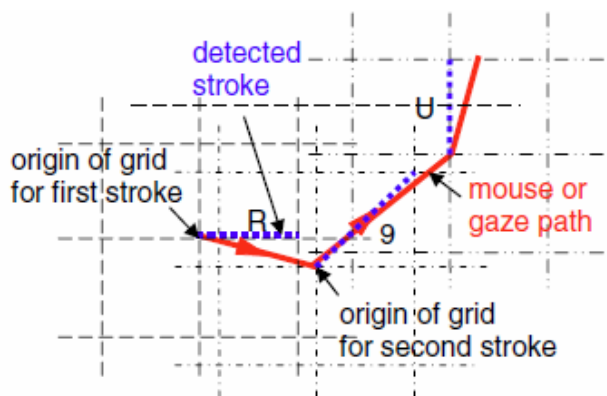


Figura 2.6: Tradução de uma sequência de movimentos na cadeia de caracteres R9U [7].

produziram com sucesso, gestos equivalentes aos típicos comandos de *play*, *stop*, *previous track*, *next track*, *channel up*, *channel down* e *volume control*.

Os gestos usando o olhar são, portanto, uma técnica com bastante potencial para o controlo ativo de computadores. Alguns trabalhos procuraram avaliar a usabilidade destes gestos para realizar uma variedade de tarefas complexas, como por exemplo, jogar no computador. É o caso de um modelo de gestos desenhado especificamente para o controlo de um personagem num MMORPG (*Massive Multiuser Online Role Playing Game*) [15]. Neste tipo de jogos, o olhar do utilizador deve manter-se no centro do ecrã, onde toda a ação acontece, como por exemplo, o movimento do personagem. Na maioria dos jogos deste tipo, existem comandos dispostos na periferia do ecrã, que o utilizador pode aceder através de um clique. Para o utilizador interagir usando o olhar, seria necessário desviar a sua atenção do centro do ecrã e, por isso, foi desenhado um modelo para gestos em que o sistema reconhece sequências de fixações em cinco regiões diferentes (Figura 2.7). As zonas de seleção formam um diamante e são semitransparentes para permitir que o jogador veja o seu personagem e o que o rodeia. Estas zonas não mudam de cor e por isso não apresentam nenhum retorno ao contacto visual do jogador, de forma a não causar distração e para evitar que o jogador espere por uma resposta do sistema. Uma forma de alertar o jogador sobre os movimentos que realiza, é através de um som que indique que um gesto foi reconhecido com sucesso. Durante a fase de testes usando este modelo de gestos, a maioria dos pontos de fixação concentravam-se nos cantos das zonas triangulares. Para permitir uma utilização mais consistente do modelo, foram adicionados pequenos pontos circulares, no centro de cada zona triangular, de modo a ajudar os jogadores a focarem-se nessas mesmas zonas. O tempo limite para a realização de um gesto de 2 ou 3 movimentos foi definido em 2 segundos, no entanto, com a implementação do modelo na interface do jogo, este limite foi aumentado.

Para analisar o desempenho deste modelo, os autores investigaram os efeitos de alguns fatores potencialmente negativos e alteraram o modelo de forma a minimizar o impacto dos mesmos. Um dos problemas considerados foi saber qual o número adequado de mo-

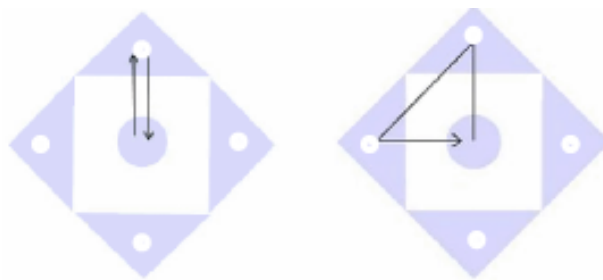


Figura 2.7: Exemplos de gestos usando o olhar, com 2 e 3 movimentos (à esquerda e à direita, respetivamente), começando e acabando no centro [15].

vimentos num gesto. Os autores concluíram que um gesto com 2 movimentos (*saccade-dwell-saccade*) dura cerca de 0,5 segundos, sendo significativamente mais rápido que um gesto com 3 movimentos (*saccade-dwell-saccade-dwell-saccade*), que dura cerca de 0,9 segundos. Outro fator tido em conta pelos autores foi a direção do primeiro movimento num gesto, ou seja, se seria mais adequado fazer um movimento na horizontal, na vertical ou na oblíqua. Desta forma, para o mesmo modelo, foi considerada outra disposição das áreas de seleção (Figura 2.8), que permite um primeiro movimento na diagonal. Apesar de se esperar que um movimento para a direita resulte em gestos mais rápidos (por ser a direção de leitura, ou seja, da esquerda para a direita), os tempos dos gestos não oscilaram significativamente. De facto, os movimentos horizontais apresentaram tempos ligeiramente mais reduzidos, no entanto, estes movimentos podem resultar em erros não intencionais, devido aos movimentos involuntários dos olhos. No contexto de *gaming*, os movimentos horizontais e verticais são uma boa solução para o movimento de um personagem, contrariamente aos movimentos diagonais. Contudo, este modelo de gestos é indicado apenas para realizar comandos (magias, por exemplo) e não para movimento.

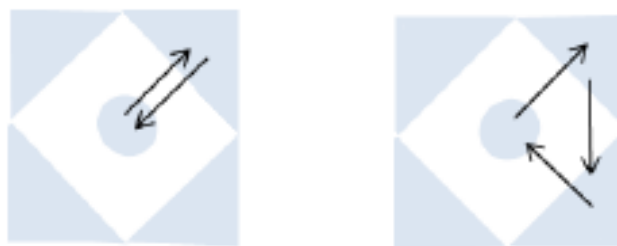


Figura 2.8: Disposição em diamante (gestos na oblíqua) do modelo de gestos para um MMORPG [15].

Para testar o grau de usabilidade do modelo de gestos (variante em diamante), foi realizado um estudo (Figura 2.9) que compara este modelo com um conjunto de 12 comandos dispostos na zona central do ecrã e ativáveis através de fixações (*dwell*) [14]. Para o jogo utilizado no estudo, o modelo de gestos agrupa os comandos de forma a facilitar o processo de aprendizagem: magias de ataque na zona inferior (número 4), magias de cura à direita (número 3), *emotes* na zona superior (número 1) e seleção de alvo à esquerda

(número 2) (Figura 2.10). Esta distribuição de comandos é igualmente seguida pelo modelo de 12 botões. Um exemplo de utilização do modelo de gestos, seria a seleção do *emote* de nível 1 feita através de um gesto de 2 movimentos (*saccade-dwell-saccade*): a partir do centro, olhar para a região 2 e novamente para o centro.

O tempo de fixação para a seleção de um comando, na variante de *dwell*, foi fixado em 0,7 segundos, valor que fica entre os 0,5 e os 0,9 segundos, para gestos de 2 e 3 movimentos, respetivamente. Os resultados do estudo indicaram que, em comparação com a variante de *dwell*, o modelo de gestos permitiu seleções mais rápidas e registou menores taxas de erro para gestos com 2 e 3 movimentos. Além disso, os erros registados nos gestos de 2 movimentos corresponderam a situações em que o utilizador falhou uma das zonas de seleção quando tentou realizar um gesto de 3 movimentos e, em vez disso, foi reconhecido como um gesto de 2 movimentos.



Figura 2.9: Modelo de gestos usando o olhar (à esquerda) e 12 comandos ativáveis por *dwell buttons* (à direita) [14].

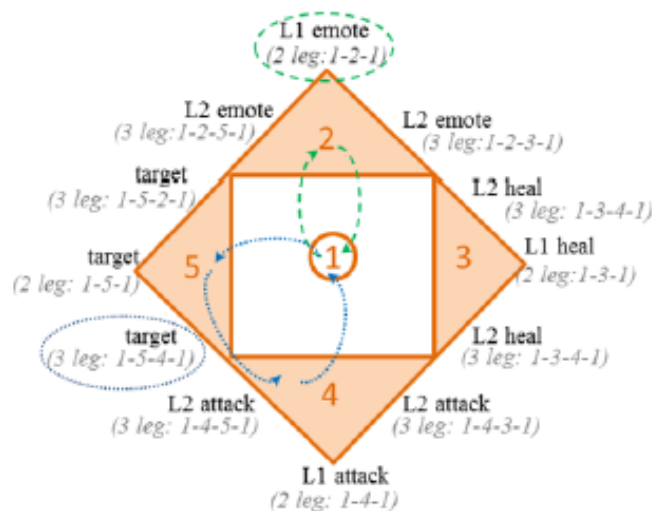


Figura 2.10: Esquema de 12 gestos associados a comandos, para um MMORPG [14].

2.2.3 *Antisaccades*

Uma alternativa à seleção por gestos usando o olhar ou por fixação, são os *antisaccades* (anti-gestos) [13]. Numa tarefa de seleção envolvendo *antisaccades*, o utilizador fixa o seu olhar num objeto até que apareça uma cópia adjacente ao mesmo. Para selecionar o objeto, o utilizador precisa de fazer um movimento e consequente breve fixação numa área adjacente ao objeto, mas oposta à sua cópia. Os *antisaccades* são tipicamente mais propensos a erros e mais lentos que *saccades* normais. No entanto, após um certo período de aprendizagem, os *antisaccades* podem ser tão precisos e rápidos como os *saccades*. Além disso, a grande vantagem dos *antisaccades* está na liberdade de movimentos que o utilizador tem quando fixa o seu olhar quer no objeto, quer na sua cópia.

O processo de seleção usando *antisaccades* começa com a fixação do objeto de interesse, por parte do utilizador. Após a fixação, o objeto é destacado e uma cópia surge adjacente a um dos seus lados. Se o objeto ou a sua cópia é alvo de uma fixação, nada acontece. Assim que o olhar muda para a direção oposta à da cópia, o objeto é selecionado, mudando a sua cor para azul e provocando o desaparecimento da cópia (Figura 2.11).

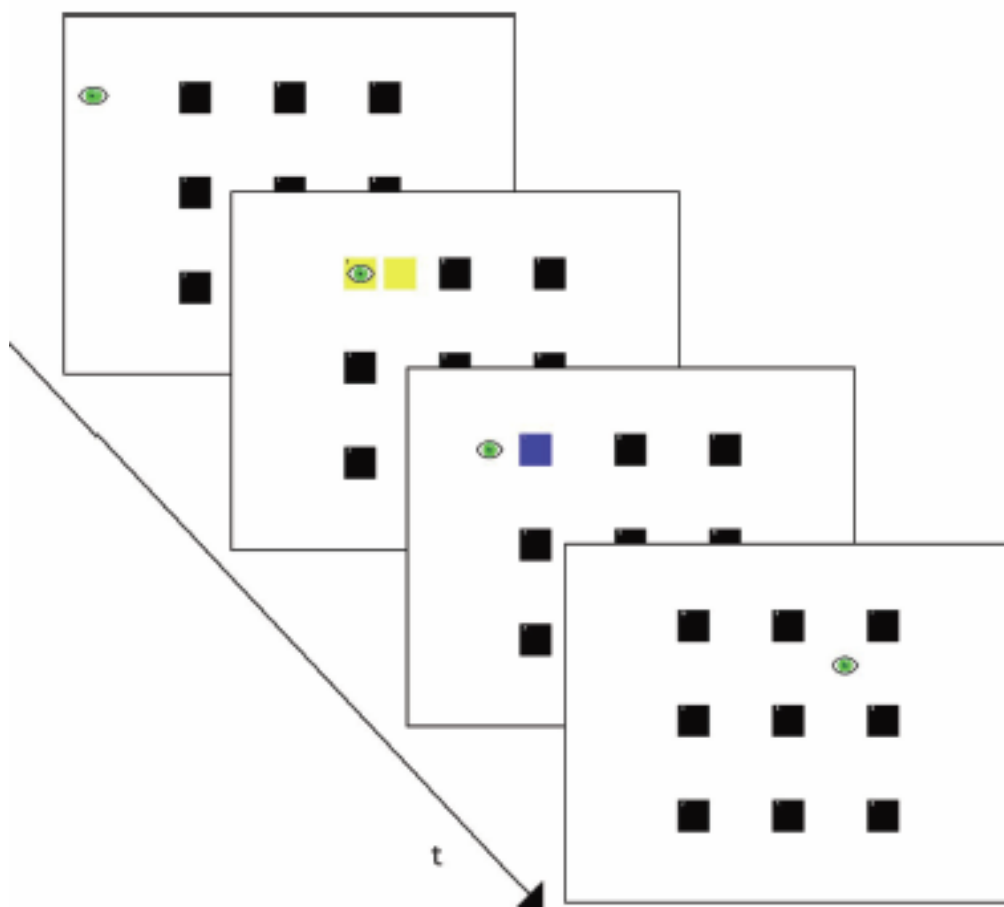


Figura 2.11: Processo de seleção usando *antisaccades* [13].

Os autores desta técnica de seleção realizaram ainda um estudo com o intuito de comparar os *antisaccades* com a seleção por *dwell*, relativamente ao tempo necessário para se completar uma tarefa de seleção. Os resultados do estudo indicam que os *antisaccades* apresentam tempos de seleção ligeiramente menores, mas uma taxa de erro significativamente maior. O número de erros usando *antisaccades* é facilmente explicado pelo impacto da resolução do dispositivo, porque quanto menor for a resolução, maior a probabilidade de ocorrerem desvios acidentais na fixação do objeto de interesse, causando seleções indesejadas. Uma forma de contornar este problema, seria adicionar um marcador de separação entre o objeto e a respetiva área de seleção, para compensar a incerteza introduzida pelo sistema de *eye tracking*. Uma outra forma de reduzir o número elevado de erros é orientar as áreas de seleção em direção à periferia do ecrã, para tornar menos provável a seleção de áreas correspondentes a outros objetos, quando o utilizador move o seu olhar de objeto para objeto (Figura 2.12).

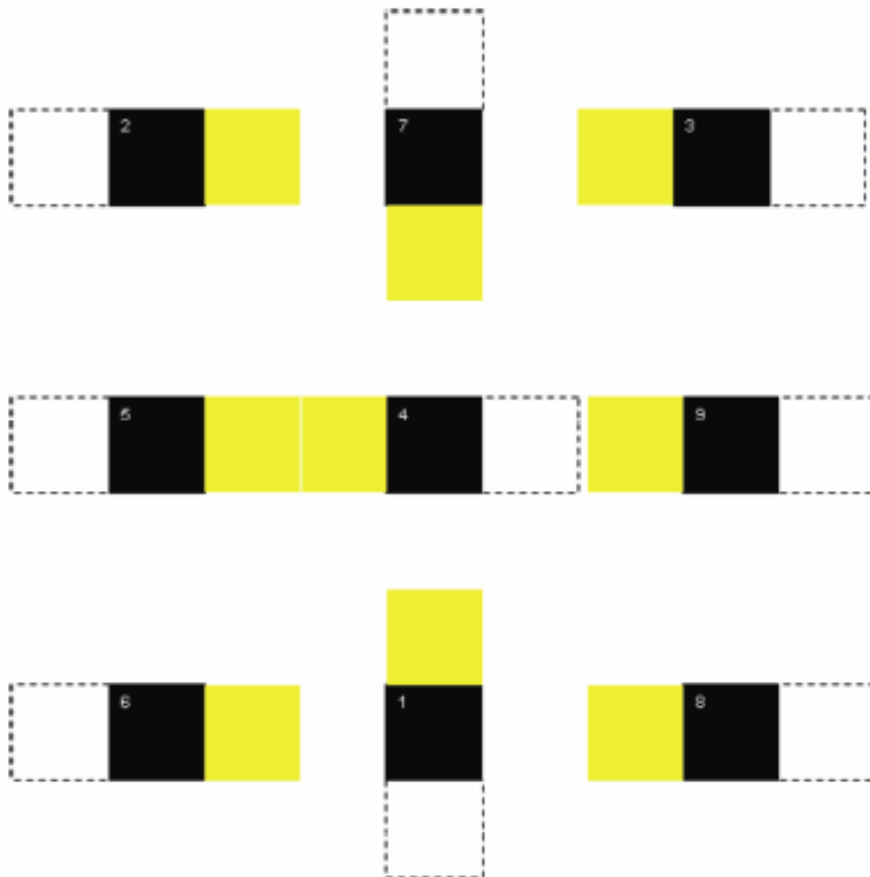


Figura 2.12: Exemplo de disposição de objetos para a seleção por *antisaccades*. Quadrados pretos representam objetos selecionáveis, quadrados amarelos representam as cópias dos objetos e quadrados a tracejado indicam a área de seleção [13].

2.2.4 *Blinking*

O fechar ou piscar os olhos (*blinking*) é uma técnica de seleção usando o olhar muito útil em sistemas baseados em *scanning*, dado que o utilizador apenas precisa de fazer um movimento enquanto o sistema percorre todas as opções. Neste sentido, Ashtiani e MacKenzie [3] propuseram um sistema de entrada de texto, o *BlickWrite2*, que é baseado num teclado que recorre a *scanning* e a três diferentes intervalos para a seleção pelo piscar do olho (Figura 2.13). Uma seleção é ativada quando ocorre um piscar de olho com duração entre 140 e 540 milissegundos. Para um movimento com duração superior a 540 e inferior a 1200 milissegundos, o piscar de olho é classificado como *jump blink*, que altera o foco dos botões de entrada de texto para o conjunto de palavras candidatas. Para movimentos superiores a 1200 milissegundos, classificados de *deletion blinks*, ocorre a remoção de uma letra. Outra alternativa para a seleção é o piscar de apenas um olho (*wink*), no entanto, nem todas as pessoas conseguem fazer este movimento. Além disso, quando são usados *head mounted eye trackers*, o piscar de apenas um olho pode causar movimentos faciais que deslocam o sistema e influenciam a calibração.

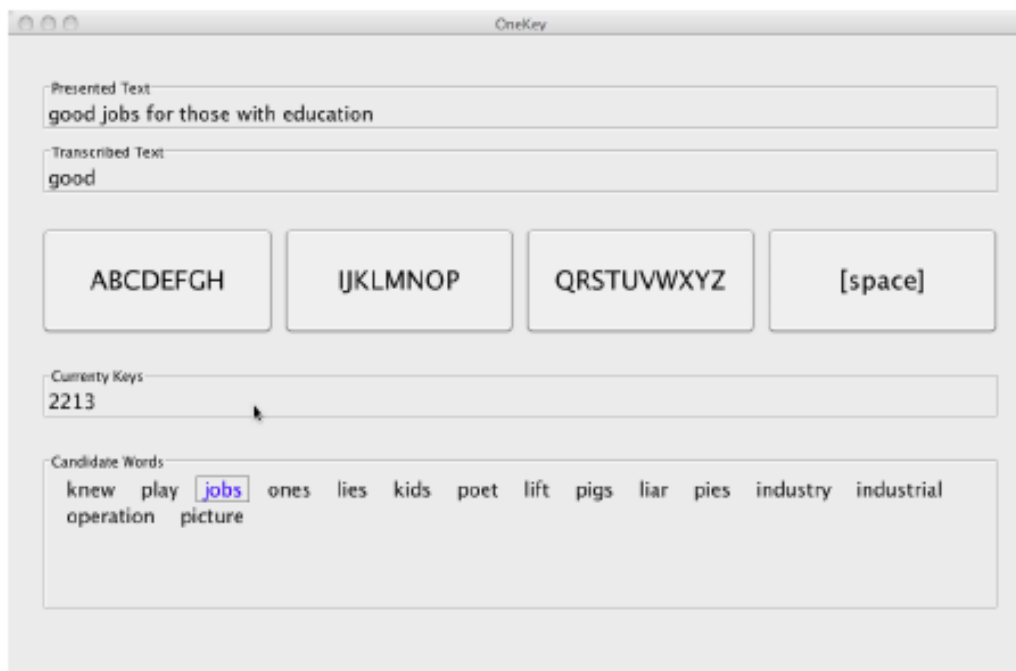


Figura 2.13: Entrada de texto com o *BlickWrite2*. A palavra *jobs* encontra-se em foco [3].

2.3 Técnicas para Desenho de Interface

Nesta secção são apresentadas algumas técnicas e princípios de desenho de interface adequados à interação usando o olhar.

Devido às limitações de precisão inerentes aos sistemas de *eye tracking*, é importante que o desenho de uma interface destinada a este tipo de interação, apresente soluções que contornem este problema. Neste sentido, o desenho da interface deve levar em conta a Lei de Fitts [9], em que o tempo necessário para se mover de uma posição inicial até a uma posição de destino é diretamente proporcional à distância até ao destino e inversamente proporcional ao tamanho do mesmo. Por esta razão, um padrão de desenho que estas interfaces devem apresentar, é o aumento do tamanho normal das áreas de seleção, de modo a permitir maior margem de erro e diminuir o tempo de seleção [22] (Figura 2.14).

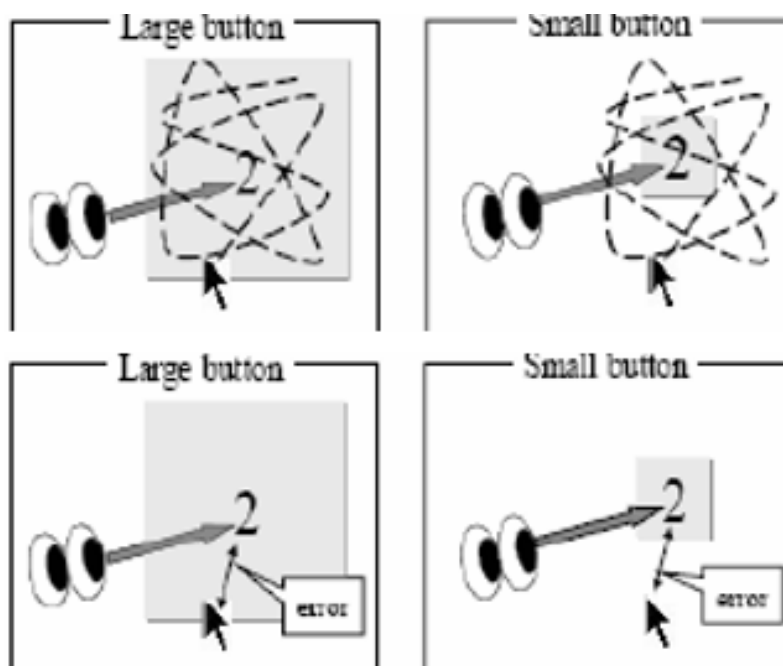


Figura 2.14: Ilustração do aumento do tamanho de um botão e consequente maior margem de erro na seleção [22].

2.3.1 Feedback

Um aspeto importante no desenho de uma interface, é a existência de elementos que ofereçam retorno ao utilizador, dado que após interagir com o sistema, é sempre esperada uma resposta do mesmo.

Na interação usando o rato, temos um exemplo básico de retorno, o cursor, que nos permite saber a posição do rato no ecrã. Para a interação usando o olhar, o cursor pode ser um elemento de distração e seria preciso cuidado tanto com a calibração do *eye tracker*, como com os pequenos e constantes movimentos do olhar do utilizador (o cursor não é,

à partida, estacionário como um cursor de rato) [17]. No entanto, o cursor pode ser útil para corrigir a posição do olhar do utilizador, dado que lhe indica os erros de precisão do *eye tracker*. Em sistemas que ocultam o cursor, é especialmente importante a interface incorporar formas de dar retorno ao utilizador, de modo a evitar distrações.

A resposta ao utilizador pode ser dada por retorno visual ou auditivo (um *beep*). Um exemplo de retorno visual, seria uma mudança de cor no plano de fundo ou uma figura (tipicamente um retângulo) que se torna cada vez mais pequena consoante o tempo de fixação [19] (Figura 2.15). Todo o tipo de resposta deve refletir as várias fases de seleção: qual o item a ser focado e quando o item pode ser selecionado.

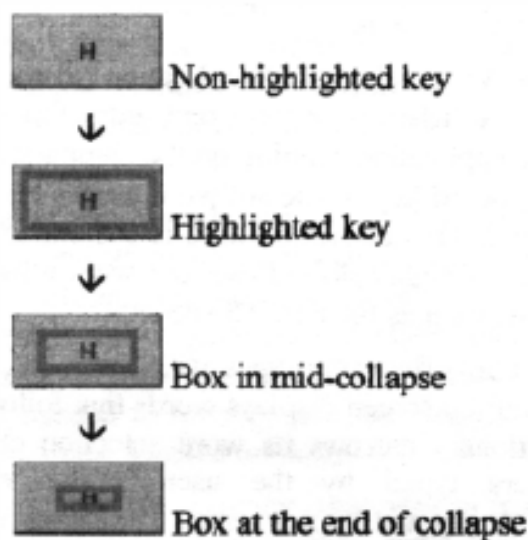


Figura 2.15: Exemplo de resposta dada pelo sistema durante o processo de seleção. O utilizador sabe que o objeto será selecionado quando a caixa colapsar passado um certo tempo [19].

2.3.2 Two-step Fixation

Uma forma de contornar o problema de Midas através do desenho da interface, é implementar o *two-step fixation* [30] (Figura 2.16). Esta solução de desenho consiste em adicionar uma área de seleção adjacente a cada *widget* existente na interface e ativada por uma breve fixação. Desta forma, o utilizador não está a forçar um comando de seleção apenas por estar a olhar para o *widget*, ou seja, pode inspecionar o item sem se preocupar com seleções acidentais. Outra vantagem é a possibilidade de os utilizadores mais avançados seguirem imediatamente para a seleção, pois já sabem à partida a disposição dos elementos na interface.

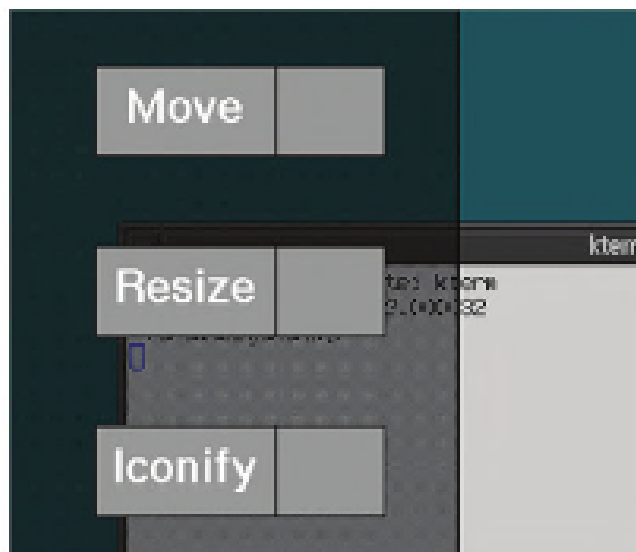


Figura 2.16: Exemplo de aplicação do *Two-step fixation* [30].

2.3.3 Magnification

As interfaces das páginas web apresentam um grande problema para a interação usando o olhar, dado que foram pensadas para o uso do rato e não levam em conta diferentes dispositivos de entrada. Por esta razão, a maioria dos alvos de seleção são pequenos e a imprecisão associada ao *eye tracker*, aliada aos constantes movimentos dos olhos, dificultam a tarefa de seleção dos seus elementos. No entanto, uma componente raramente oferecida nas interfaces, é a possibilidade de ampliar (*magnify*) objetos, para facilitar a seleção. Para testar a usabilidade da ampliação de elementos numa interface, Bates e Istance [28] realizaram um estudo usando diversas formas de interação, como o rato, a cabeça ou os movimentos dos olhos. Os autores concluíram que o tamanho de um alvo de seleção tem um impacto significativo no desempenho e que o uso de vários níveis de ampliação, aumenta consideravelmente a eficiência da interação com o olhar.

A maioria das interfaces que oferecem ferramentas de ampliação, fazem-no de forma indireta, porque o utilizador precisa de indicar que quer fazer uma ampliação. No entanto, outros trabalhos procuraram técnicas de ampliação diretas, como é o caso da distorção por *fisheye lens* [23]. A ideia desta técnica é ampliar a zona do ecrã para onde o utilizador está a olhar, de modo a facilitar a navegação e seleção de objetos ampliados. A inovação desta técnica está em esconder a ampliação enquanto o utilizador navega livremente pelos objetos, ou seja, assim que o utilizador altera o tipo de movimento do seu olhar, de gestos para fixações, a área no ecrã é ampliada (Figura 2.17). Desta forma, o utilizador pode manter uma noção de todo o ecrã e usar a ferramenta de ampliação apenas quando necessita.

Outra técnica de ampliação direta de elementos, é o *two-step magnification*. Esta

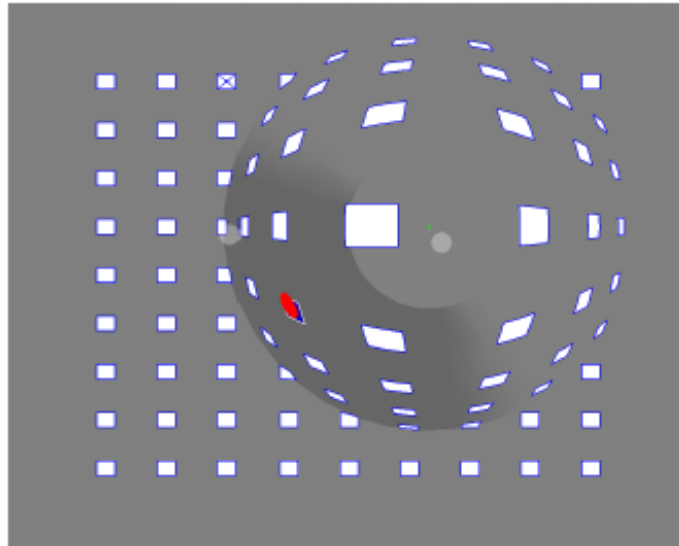


Figura 2.17: Ampliação por *fisheye lens*. A zona central de ampliação cobre 20% da largura do ecrã, com a zona envolvente a estender o diâmetro da ampliação para 60% da largura do ecrã [23].

técnica apenas amplia a área em redor do cursor (tipicamente 2, 3 ou 4 vezes) quando um objeto selecionável é detetado, não o ativando. De seguida, se um objeto selecionável for detetado dentro da área ampliada, o objeto é selecionado. Para tornar o processo de ampliação mais rápido, foi desenvolvida uma técnica que amplia gradualmente o tamanho dos objetos assim que uma pequena fixação é detetada [10] (Figura 2.18). A duração da ampliação é fixa e apenas são ampliados os objetos dentro de uma janela, correspondente ao campo de visão do utilizador. Após o tempo de ampliação, se o cursor estiver sobre um objeto selecionável, este é ativado.

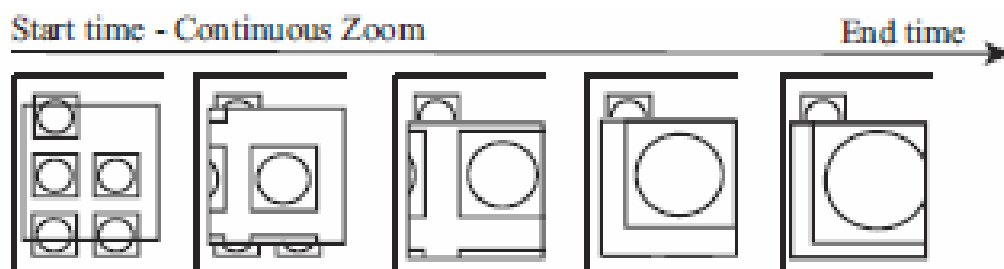


Figura 2.18: Técnica de ampliação gradual [10].

2.3.4 *Scroll*

A navegação em páginas web usando o olhar não se limita a seleções de objetos, outras funcionalidades podem ser implementadas, como o *scroll* de páginas. Uma das técnicas para o *scroll* de páginas usando o olhar é o *auto-scrolling* [25], onde se apresentam duas

áreas, uma em cima e outra em baixo da página e cuja velocidade de *scroll* é calculada com base no ponto de fixação nessas áreas (Figura 2.19). A página web move-se para cima ou para baixo a velocidade diferente, consoante a distância entre o ponto de fixação e as bordas das áreas de *scroll*.

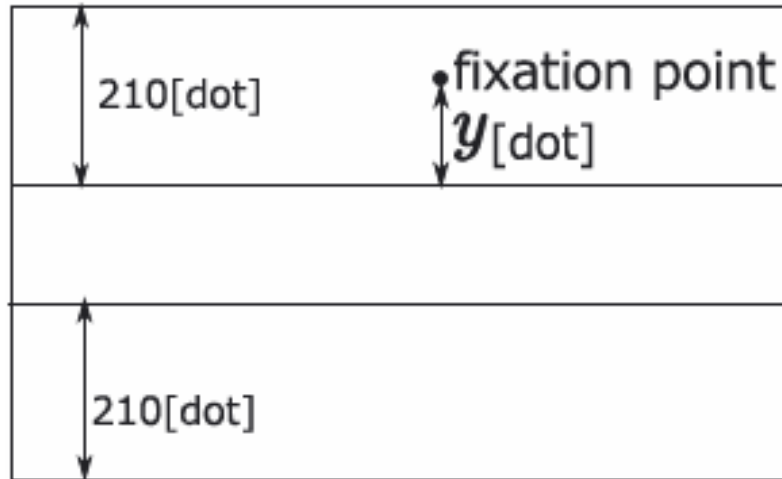


Figura 2.19: Técnica de *auto-scrolling*. A variável y corresponde à distância entre o ponto de fixação e uma das bordas da área de *scroll*. A velocidade de *scroll* é definida em função desta variável [25].

2.4 Soluções para Navegação na Web

Nesta secção, descrevemos algumas soluções para navegar usando o olhar que têm por base algumas das técnicas de desenho de interface anteriormente descritas.

Uma destas soluções é o *Multiple Confirm*, desenvolvido com o propósito de se adequar às tarefas de seleção comuns da generalidade das pessoas e de tornar o processo de seleção mais natural ao utilizador.

A interação através do *Multiple Confirm* começa com uma fixação numa série de links textuais, que faz com que um conjunto de botões legendados apareçam numa barra lateral. Uma fixação num destes botões, faz com que o link correspondente seja selecionado. Durante a fixação num botão, este fica com a sua borda progressivamente mais escura, de modo a ilustrar a passagem de tempo (*feedback* na seleção do botão) (Figura 2.20). O desenho desta técnica procura sobretudo evitar cliques errados, acrescentando um passo de confirmação ao processo de seleção (*two-step fixation*). Segundo um estudo realizado pelos autores [27], o *Multiple Confirm* apresenta melhor desempenho (tempos de seleção inferiores) que uma técnica puramente baseada em fixação (*dwel*). Apesar disso, em comparação com o rato, os tempos de seleção do *Multiple Confirm* são piores, enquanto a precisão nos cliques é muito semelhante. No entanto, os utilizadores não consideraram este protótipo lento e consideraram-no agradável e com potencial para ser usado em in-

interfaces adequadas à interação através do olhar. O *Multiple Confirm* é uma melhoria do *Single Confirm*, solução onde apenas surge um botão de confirmação para o link em foco.

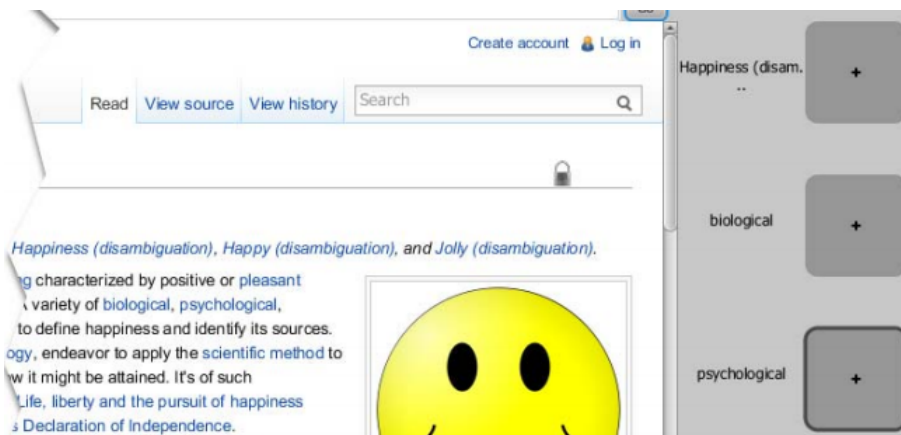


Figura 2.20: Exemplo de uso do *Multiple Confirm*. Utilizador pretende seleccionar o link “psychological” [27].

Uma alternativa ao *Multiple Confirm* é o *Radial Confirm*, uma técnica muito semelhante mas que procura minimizar a distância (e consequentemente, o tempo) entre um link e o respetivo botão de confirmação. Neste sentido, em vez de botões numa barra lateral, estes surgem à volta da área focada pelo utilizador. Cada link apresenta uma linha cinzenta na direção do seu botão de confirmação (Figura 2.21).

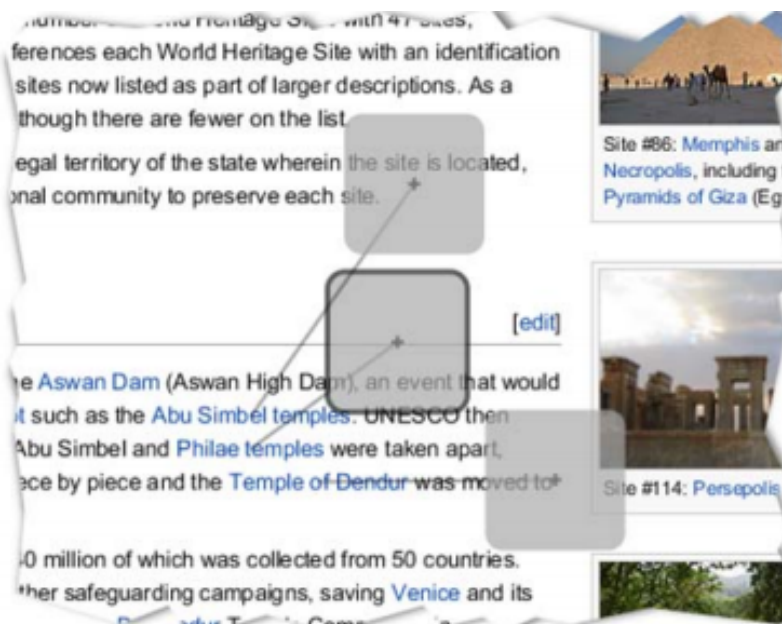


Figura 2.21: Exemplo de uso do *Radial Confirm*. Utilizador pretende seleccionar o link “Philae temples” [27].

Uma solução desenvolvida recentemente e destinada a resolver o problema de Midas, é o *Actigaze* [6]. Esta solução propõe uma técnica de seleção de links textuais rápida e efi-

ciente, semelhante ao *Multiple Confirm*. O *Actigaze* associa links dispostos numa página web, a botões de confirmação que apresentam cores de fundo diferentes, em alternativa a legendas. Esta associação é feita através de um processo de coloração dos links que procura minimizar a ocorrência de erros de seleção, evitando que links próximos tenham cores semelhantes.

O processo de interação com o *Actigaze* começa quando o utilizador move o seu olhar para uma zona onde estão presentes vários links. De seguida, estes tomam um plano de fundo colorido, cuja cor corresponde a um dos botões de confirmação, dispostos no lado direito da página (Figura 2.22).



Figura 2.22: Exemplo de uma página *Wikipedia*, aplicando a técnica *Actigaze* [6].

Esta solução permite contornar o problema de Midas porque o utilizador tem toda a liberdade para fazer qualquer fixação em texto ou links, sem correr o risco de os selecionar. Além disso, esta técnica é também rápida porque as fixações nos botões de confirmação não necessitam de ser longas. O *Actigaze* é um modelo que pode parecer complicado de entender e interagir para utilizadores sem experiência com este tipo de interface. No entanto, este modelo é feito com um certo grau de estabilidade, que permite uma aprendizagem rápida por parte dos utilizadores. A disposição dos botões de seleção é sempre a mesma em cada interação, ou seja, as cores estão sempre dispostas da mesma forma. À medida que o olhar percorre a página, novos links aparecem e a associação com os botões de confirmação é alterada. Os autores propõem duas formas para atribuir as cores

aos links: *dynamic coloring* e *static coloring*. A primeira corresponde a atribuir cores e botões de confirmação aos links, consoante a área em que o utilizador está a olhar, enquanto que a segunda, corresponde a colorir todos os links da página, em simultâneo, apenas uma vez.

A técnica de *static coloring* tem a vantagem de, apesar de modificar significativamente a aparência da página, não apresentar mudanças dinâmicas que possam distrair o utilizador, contrariamente à técnica de *dynamic coloring*. Além disso, para reduzir o impacto visual das cores, podem ser usados outros tipos de identificadores, como por exemplo, números ou símbolos. A técnica de *static coloring* é também mais rápida, dado que o utilizador não precisa de esperar que uma cor seja atribuída a um link. Apesar disso, quando é feita a coloração de todos os links da página web, alguns irão ser associados ao mesmo botão de confirmação, porque não seria viável (relativamente ao espaço no ecrã) ter um botão de confirmação com cor diferente para cada link. Por esta razão, a distância entre dois links com o mesmo botão de confirmação é maximizada, sendo que, quanto maior o número de identificadores visuais (cores), maior a distância. Para a decisão sobre que link deverá ser ativado, enquanto o utilizador se fixa num botão de confirmação é feita uma análise baseada em dados sobre os movimentos recentes dos olhos do utilizador. Esta análise baseia-se nos seguintes critérios: proximidade (o sistema assume que os links perto do olhar do utilizador deverão ser os que pretende ver ativados), associação de cor (a cor do link deve ser a mesma do respetivo botão de confirmação), recência (links que se encontram perto de um ponto recente do trajeto feito pelos olhos, são os pretendidos) e tempo de fixação (links em que o utilizador mais tempo gastou na fixação, deverão ser os pretendidos).

No *Actigaze*, tanto na variante dinâmica como na estática, assim que a página web é carregada, nenhum link está ligado a um botão de confirmação, ou seja, os botões estão desativados. Desta forma, é possível prevenir cliques não intencionais logo após o utilizador ativar um botão de confirmação, porque o seu olhar pode ser mantido no botão mesmo depois da seleção.

Uma característica comum nos protótipos para navegação web usando o olhar, é a separação das tarefas de leitura/navegação e de seleção. O *Accessible Surfing Extension (ASE)*, é um exemplo de uma extensão para o navegador *Mozilla Firefox* que se baseia neste paradigma [5]. Nesta extensão, existe uma interface separada para a seleção de links, uma barra lateral à esquerda da página. Assim que uma página web é carregada, a extensão analisa o seu conteúdo, modifica a disposição da página e atualiza a sua interface. O utilizador pode navegar livremente na página sem ter a preocupação de selecionar links acidentalmente, evitando-se o problema de Midas. Cada link existente na página apresenta um identificador numérico adjacente e assim que o utilizador identificar um link de interesse, pode usar os botões laterais. A extensão pode ser configurada em duas modalidades, de acordo com a preferência dos utilizadores: *numeric mode* (Figura 2.23),

por omissão, e *browsing mode*, uma variante indicada para utilizadores menos familiarizados com a navegação na web. Na primeira configuração, para seleccionar um link, o utilizador usa o teclado numérico da barra lateral e confirma a sua selecção através de um botão. A selecção de cada botão é feita por uma fixação e o *feedback* durante o processo é contínuo, através de um “*display*” que indica os números seleccionados. Além disso, o link com correspondência aos números indicados, é destacado na página atual. Na segunda configuração, a selecção e o *scrolling* estão disponíveis através de um botão “*Next*”. Este botão destaca os próximos 5 links na página e atualiza os respetivos botões de selecção de largas dimensões, fazendo *scroll* à página automaticamente, se necessário. Nesta modalidade, a selecção do link pretendido é também feita por fixação nos botões. A extensão ASE também suporta ampliação de links na página e permite alterar o número e tamanho dos botões, de modo a adaptar-se à precisão do sistema de *eye tracking* usado.



Figura 2.23: *Accessible Surfing Extension (ASE)* numa configuração numérica [5].

Para facilitar a selecção de links foram também desenvolvidos dois navegadores web, que propõem dois desenhos de interface diferentes, baseados em seleções através de fixações. O primeiro navegador é operado por um sistema de deteção de gestos usando o olhar [1] e apresenta botões em cima e em baixo da janela. Para seleccionar um link, o utilizador escolhe um dos botões equivalentes aos quatro tipos de direcção e o link candidato à selecção é indicado pelo cursor (Figura 2.25). Assim que o utilizador seguir para o link indicado pelo cursor, basta seleccionar o botão “executar” e o navegador mostra a página web desse link.

O segundo navegador web agrupa links consoante o seu conteúdo e dispõe-nos como

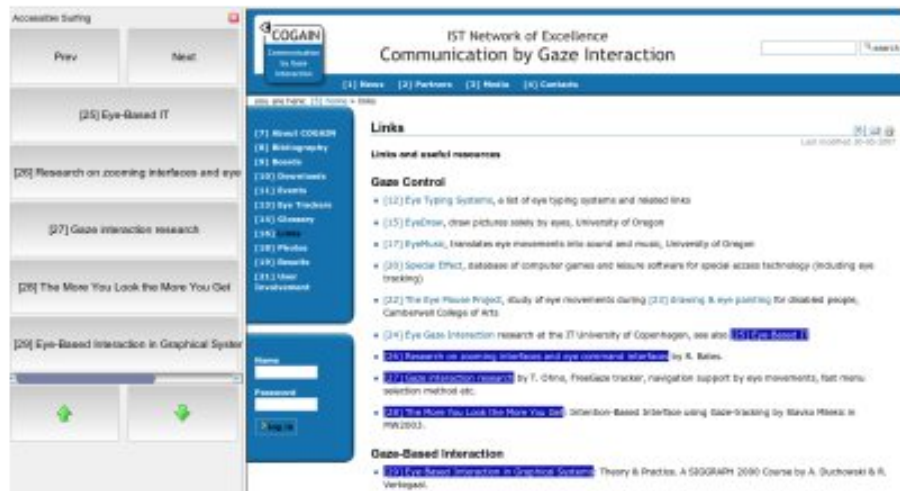


Figura 2.24: Variante do *Accessible Surfing Extension (ASE)*. Os links em foco no momento estão destacados na página a azul. Cada link tem o respetivo botão de seleção na barra lateral. Existe também um botão “Prev”, que muda o foco para os 5 links anteriores [5].

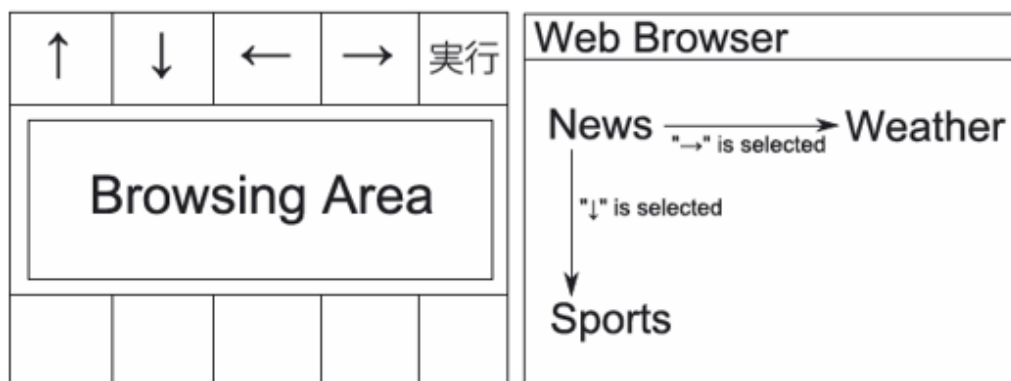


Figura 2.25: Disposição dos botões de navegação (à esquerda) e movimento do cursor (à direita) no navegador web [1].

um grupo, numa lista [26]. Este método de agrupamento de links tira partido da disposição em bloco da maioria das páginas web, em que os links semanticamente similares são agrupados através de *tags* como *div*, *nav* e *td* no ficheiro HTML. Este navegador analisa este documento e divide a página web em secções de links. O desenho da página consiste em duas janelas, a *browser window* (Figura 2.26), que dispõe as páginas web divididas em grupos, e a *link window* (Figura 2.27), que contém os links de um grupo numa lista de maiores dimensões. O navegador web é responsável por estimar o grupo que está a ser fixado de acordo com o ponto do ecrã em que o utilizador está a olhar. O grupo alvo é indicado através de um retângulo e assim que o utilizador seleciona um grupo, a *link window* é apresentada, contendo o texto ou a imagem dos links do grupo. O utilizador pode depois fazer *scroll* na *link window* e selecionar o link que pretende. Para a função

de *scroll* foi implementada a estratégia de *auto-scrolling* (secção 2.3.4).

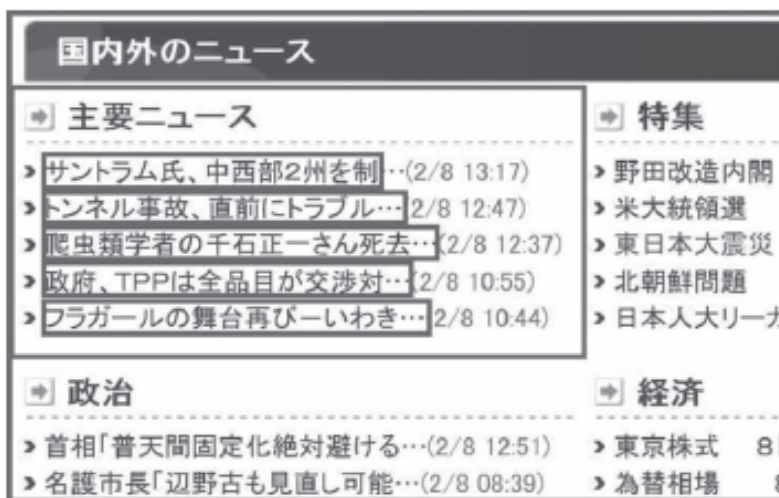


Figura 2.26: *Browser window* [26].

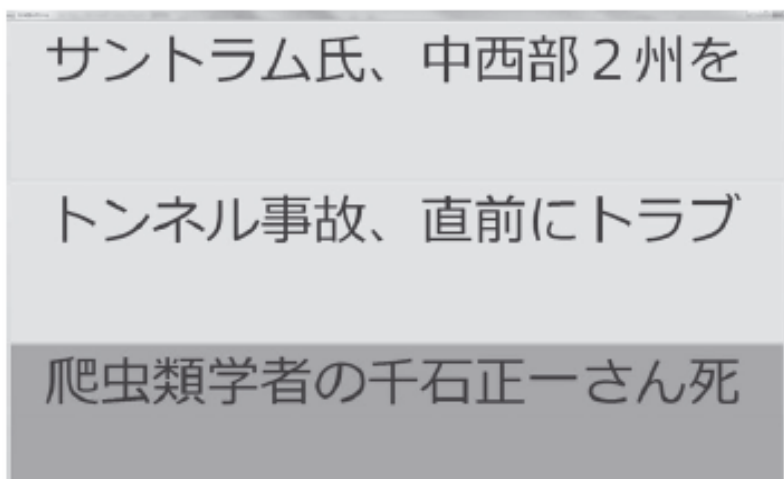


Figura 2.27: *Link window* [26].

Outra solução interessante para navegar na web usando o olhar, consiste num *plug-in* para um navegador web, que procura ajudar pessoas com mobilidade reduzida a lidar com o conteúdo das páginas web, nomeadamente, ler documentos, preencher formulários, ver fotografias e escrever comentários [8]. O *plug-in* permite o acesso a serviços e controlos para facilitar a interação usando o olhar, através de duas barras laterais, que permanecem ocultas caso o utilizador não exerça uma fixação nas respetivas áreas. Estas barras contêm um conjunto de botões, cada um com um texto representativo e ativados através de uma fixação (Figura 2.28), mudando a sua cor progressivamente até que sejam selecionados. O protótipo recorre a um cursor controlado pelos olhos e não irá ativar nenhum clique sem que o utilizador pretenda. Para fazer um clique, o utilizador precisa de ativar os botões de clique no painel esquerdo da página. Assim que a função de clique estiver ativa, à volta

do cursor surge um círculo semitransparente que converge progressivamente para o centro assim que o utilizador fizer uma fixação num alvo selecionável. Se o utilizador mover o seu olhar para fora da área circular, a operação de clique é cancelada. Caso a função de clique não esteja ativa, o utilizador tem total liberdade para inspecionar a página. O *plug-in* apresenta também uma área de *scroll* e um conjunto de botões de navegação, que permitem navegar mais facilmente pela página web. Uma funcionalidade interessante é o *reading mode*, que permite apresentar o texto da página de forma mais clara, ou seja, sem elementos desnecessários como a publicidade, botões e planos de fundo. Por último, a funcionalidade *nav control* permite alterar a posição de navegação na página, caso as barras laterais estejam a bloquear o texto.



Figura 2.28: Elementos da interface principal do protótipo para pessoas de mobilidade reduzida [8].

2.5 Soluções para Entrada de Texto

Além do *BlickWrite2* (secção 2.2.4), foram desenvolvidas outras soluções para entrada de texto usando o olhar. Apesar de concebidas para esta tarefa, estas soluções reúnem técnicas de seleção e de desenho de interface com potencial para o uso noutros contextos.

Uma forma de interação bastante comum usando canetas ou o rato, são os *marking menus* [18], também chamados de *pie menus*. Na interação usando o olhar, os *pie menus* são tipicamente usados para entrada de texto [2] e surgiram como alternativa aos tradicionais *pull down menus*. Os *pie menus* são circulares e têm a grande vantagem de todos os itens estarem equidistantes do centro do cursor, que corresponde ao centro do menu. Para tornar os tempos de seleção mais rápidos podem ser usadas zonas de seleção juntas à borda

exterior do menu [12], um conceito que Urbina e Huckauf mais tarde aprofundaram [21] (Figura 2.29). As bordas de seleção são uma alternativa à seleção por *dwell* e permitem que os utilizadores mais experientes prossigam imediatamente para a próxima camada do pie menu. Além disso, as zonas de seleção não requerem nenhuma componente temporal de fixação e por isso, os utilizadores menos familiarizados com a interface, podem inspecionar o menu com toda a liberdade, evitando o problema de Midas. As zonas de seleção seguem o mesmo conceito do *two-step fixation* (secção 2.3.2) e têm a grande vantagem de tirar partido da própria disposição dos menus, ou seja, a secção selecionada no nível atual vai ser o centro do próximo nível do menu, reduzindo o número de movimentos dos olhos e o número de erros, e aumentando o desempenho.

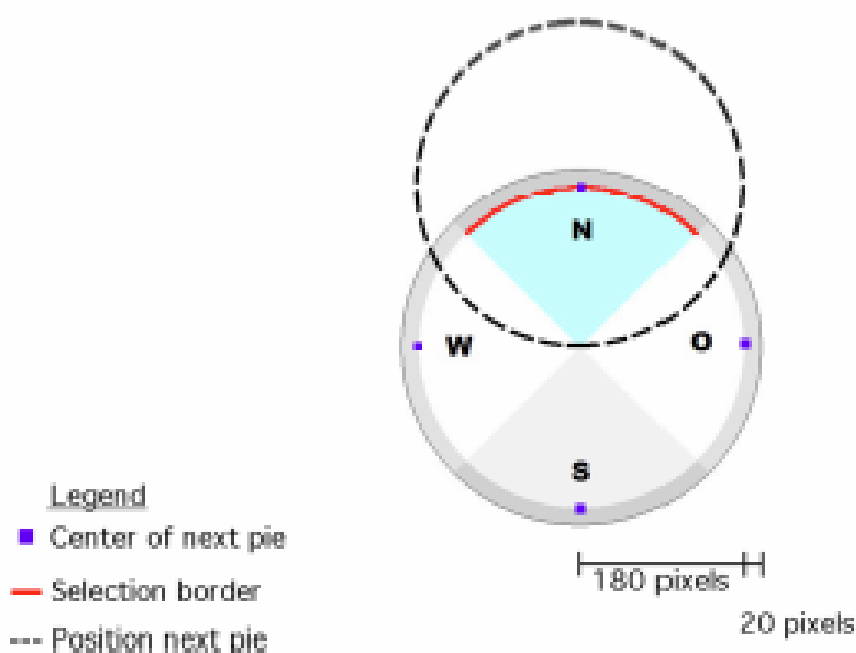


Figura 2.29: Zonas de seleção adjacentes às bordas exteriores do pie menu [21].

O *pEYEdit* é um exemplo de pie menu que organiza as letras do alfabeto em grupos, ou seja, em “fatias” do pie menu [12] (Figura 2.30). Para selecionar um grupo, o utilizador precisa de fazer um movimento com o seu olhar, na direção da área de seleção correspondente ao grupo pretendido. De seguida, surge um novo pie menu que sobrepõe o anterior, centrado na área de seleção escolhida e que contém cada letra do grupo anterior, separada num novo grupo cada. Ao selecionar uma letra, novamente através da área de seleção correspondente, faz com que a letra seja escrita na janela.

Para o desenho dos pie menus, é necessário ter em conta o seu número de divisões, que tem impacto direto no desempenho durante a interação. O tempo necessário para a seleção de um item no menu, varia consoante o número de itens presentes. Outra métrica

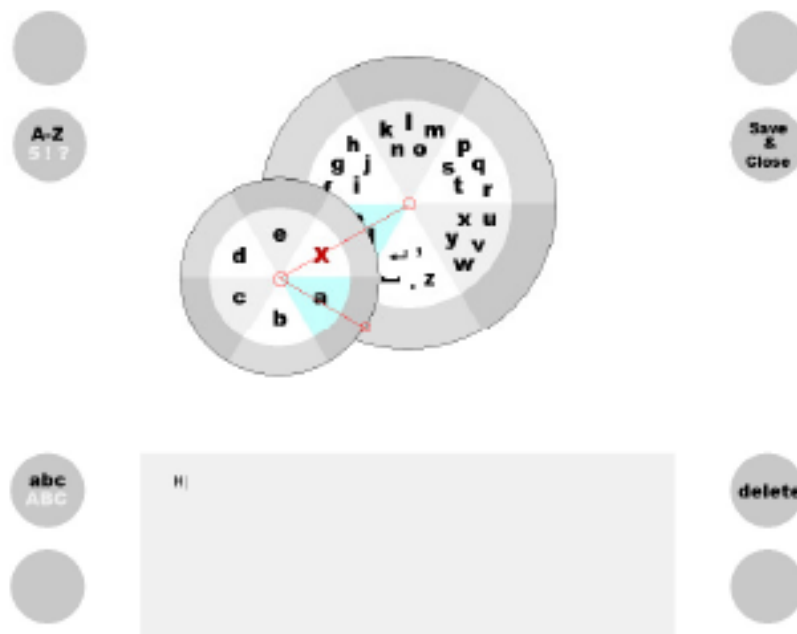


Figura 2.30: Seleção da letra “a” num pie menu [12].

importante a ter em conta é a taxa de erro na seleção. Para avaliar estes pontos e na sequência dos trabalhos anteriores, Urbina, Huckauf e Lorenz [21], realizaram um estudo e concluíram que para pie menus de 4 secções, a taxa de erro é de 5,62%, enquanto que, para menus de 6 secções, é de 9,58%. Para menus com mais que 6 secções, a taxa de erro excede os 21,5%, o que leva a muitos problemas de desempenho. Por esta razão, os pie menus, para a interação usando o olhar, devem ter no máximo 6 secções. Quanto ao número de níveis do pie menu, o mesmo estudo revela que a diferença nos tempos de seleção não é significativa, com taxas de erro a variar entre 5,6% e 6%, para menus com 2 níveis e 4 níveis, respetivamente. O número de níveis é limitado pelo tamanho do ecrã e por isso, não poderá ser infinito. Para contornar este problema, pode ser usada uma abordagem em que cada nível se sobrepõe ao anterior ou em que cada menu surge centrado no ponto atual de fixação. Ainda assim, estas soluções apresentam problemas, a primeira faz com que não seja possível voltar ao nível anterior (eliminando a ideia de navegação num menu), a segunda pode interferir com o marcar as opções do menu sem resposta visual do sistema (*marking ahead selection*), ou seja, sem mostrar o pie menu no ecrã (ou apenas mostrar o primeiro nível). Para os utilizadores mais avançados, um simples gesto, composto por movimentos do olhar, é suficiente para selecionar uma opção do pie menu, mesmo que esteja num nível mais elevado. Os pie menus têm também uma influência positiva no processo de aprendizagem, ou seja, os tempos de seleção e taxa de erro diminuem à medida que o utilizador repete a interação com o menu.

Outra técnica interessante para entrada de texto é o *context switching* [24]. Esta técnica

baseia-se num teclado com duas regiões separadas (contextos), e para o utilizador seleccionar a letra pretendida, precisa de fazer uma breve fixação na mesma e rapidamente mudar de contexto, concretizando um gesto. Como as duas regiões são idênticas, o utilizador pode inspecionar livremente as letras no contexto atual, evitando o problema de Midas. Esta técnica consiste, portanto, numa fixação de curta duração (*short dwell*) juntamente com gestos de mudança de contexto. O *KKboard* é um exemplo de implementação do *context switching* (Figura 2.31).



Figura 2.31: Teclado *KKboard*, que usa o paradigma de mudança de contexto [24].

Também no contexto de entrada de texto foi proposto o *Iwrite*, um protótipo baseado em *on screen buttons* [12]. Neste protótipo, a borda exterior serve como um botão de confirmação, ou seja, as letras são selecionadas através de um movimento desde a letra pretendida à borda exterior. O *Iwrite* apresenta uma interação simples e permite uma leitura confortável de texto, dado que a janela se situa no centro do ecrã. Além disso, a disposição das letras é paralela às bordas exteriores, reduzindo o número de seleções não intencionais, dado que não existem outros botões entre a letra pretendida e o botão ou borda de seleção (Figura 2.32).

Uma alternativa ao *Iwrite* é o protótipo *StarWrite*, que permite a escrita arrastando as letras pretendidas para o campo de texto, permitindo retorno visual instantâneo do que é escrito. Assim que uma letra é fixada, é de seguida destacada juntamente com as duas letras vizinhas para facilitar a seleção (Figura 2.33).

O desempenho das interfaces para escrita de texto acima descritas, *pEYEdit*, *Iwrite* e *StarWrite*, foi avaliado num estudo que comparou estas interfaces com o uso dos teclados virtuais QWERTY e *Dasher* [12]. Este estudo foi feito recorrendo a utilizadores principiantes e também a utilizadores familiarizados com cada interface e teclado. Os resultados do estudo indicaram, sem surpresa, que os utilizadores não só têm preferência pelo teclado QWERTY, como o número de palavras por minuto foi superior neste teclado em relação

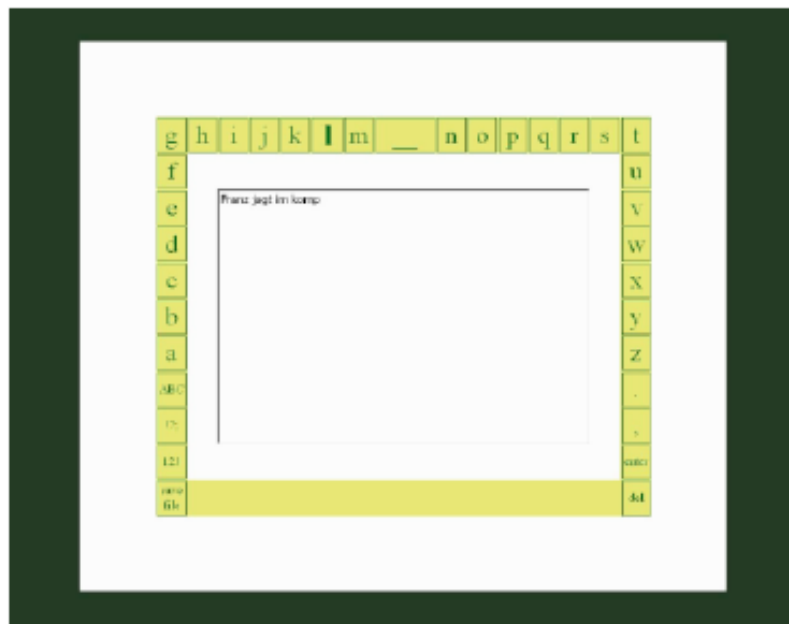


Figura 2.32: *Screenshot* do *Iwrite*. A zona exterior, a verde, tem a função de botão de seleção [12].

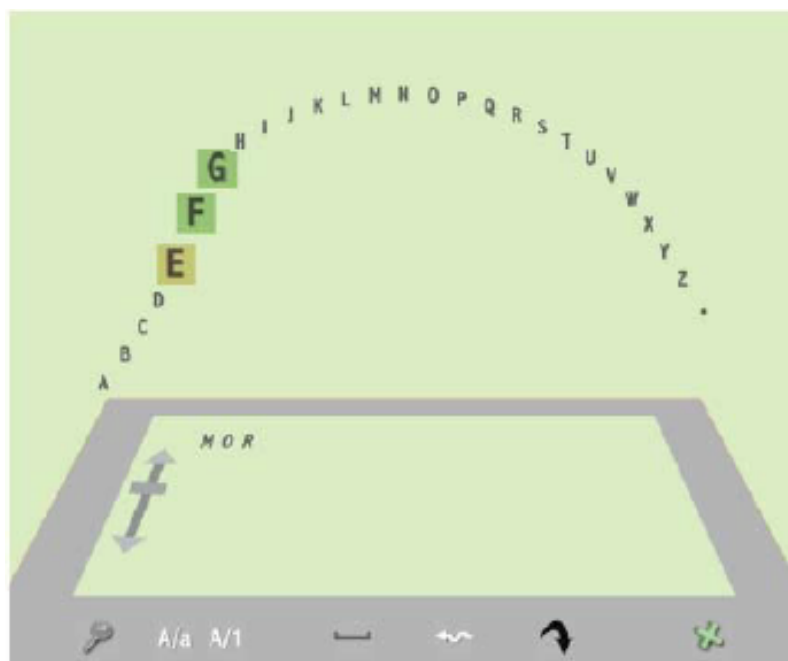


Figura 2.33: *Screenshot* do *StarWrite*. A área alvo de fixação é destacada para facilitar a seleção da letra pretendida [12].

às outras interfaces, tanto para utilizadores principiantes como para avançados. No entanto, para utilizadores avançados, foram conseguidas, em média, 10 palavras por minuto nos protótipos *pEYEdit* e *Iwrite*, um valor interessante e superior às 8 palavras por minuto no *StarWrite*, que se revelou no protótipo mais natural para utilizadores principiantes.

2.6 Análise e Discussão

Nesta secção descrevemos os pontos fortes e fracos de cada um dos trabalhos descritos anteriormente. Fazemos também uma análise sobre os trabalhos que apresentam as características de maior importância para a interação usando o olhar.

Uma das principais barreiras à interação usando o olhar é a imprecisão dos *eye trackers*. Por esta razão, alguns sistemas implementam algoritmos de *smoothing*. Apesar destes estabilizarem o cursor, sacrifica-se alguma capacidade de resposta ao sinal de entrada e podem ocorrer ligeiros desvios em relação ao ponto no ecrã para onde o utilizador está realmente a olhar.

Outro grande problema da interação com o olhar é o problema de Midas. Jacob [16] propôs uma hipótese pouco razoável para contornar este problema, ao tentar uma separação total entre as tarefas de navegação livre e de seleção, dado que esta alternância entre modos de navegação pode ser confusa. Por outro lado, se a seleção de um objeto for feita através de uma tecla, os tempos de seleção serão bastante reduzidos, no entanto, estas duas técnicas têm como grande desvantagem o número de potenciais utilizadores que se perdem no domínio da acessibilidade.

Na interação usando o olhar, as técnicas de seleção de objetos precisam de ser eficazes e familiares ao utilizador, como é o caso do *dwell*. Apesar de ser a técnica mais usada em interfaces controladas pelo olhar, o processo de seleção pode ser demorado e requer alguma concentração dos utilizadores. Além disso, o *dwell* pode ser propenso a erros, tanto em fixações de tempo reduzido, como de longa duração, dado que podem ocorrer seleções indesejadas ou em duplicado. Esta técnica tem por isso, um impacto negativo no desempenho, dado que tempos de fixação reduzidos levam a erros de seleção. Por outro lado, tempos de seleção longos aumentam a duração da interação, retirando por completo a vantagem inerente à interação com o olhar, a velocidade dos movimentos dos olhos.

Os gestos usando o olhar são uma alternativa interessante e que apresentam tempos de seleção similares aos do rato. Os gestos podem ser úteis em vários contextos, por exemplo, ao navegar numa página web, o utilizador pode querer fazer *page up* ou *page down* e um gesto pode ser mais rápido e mais cómodo que mover constantemente o olhar para uma secção de *scroll* de página. Além disso, a duração do gesto pode servir para determinar a distância de *scroll*, em vez de se usar uma distância fixa [30]. Em comparação com outras técnicas como o *dwell*, os gestos têm a vantagem de poderem ser ativados em qualquer zona do ecrã e de eliminarem os problemas de precisão, porque o utilizador não precisa de olhar e selecionar um alvo para ativar um comando. Os gestos podem ter um nível considerável de complexidade sem afetar o desempenho e podem até ser usados para o controlo de um personagem num jogo de computador. Neste caso, os gestos não precisam de uma interface que obstrua a visão à volta do personagem e contribuem para uma experiência de jogo mais imersiva. No entanto, alguns gestos podem interferir com os movimentos naturais dos olhos e causar erros de seleção, além de causarem desconforto

em sessões de longa duração.

Os anti-gestos são uma técnica que consegue atingir o mesmo nível de precisão e rapidez que os gestos normais, ao fim de um certo período de aprendizagem. Os anti-gestos têm o propósito de permitir a maior liberdade de movimentos possível. No entanto, a existência de cópias de objetos pode tornar-se num fator de distração, especialmente se surgirem de forma dinâmica. Além disso, trata-se de uma técnica pouco natural ao utilizador e, por isso, existe maior propensão a erros entre utilizadores principiantes.

O piscar de olhos (*blinking*) é tipicamente considerado como a solução mais evidente para a seleção. No entanto, o movimento de fechar ou piscar os olhos para indicar uma ação é desconfortável, porque se trata de um movimento consciente e, por isso, retira toda a naturalidade na comunicação (o utilizador tem de pensar quando irá fechar ou piscar os olhos) [17]. Além disso, é necessário distinguir o piscar de olhos intencional do não intencional e apesar de ser possível fazê-lo (um movimento de piscar de olhos não intencional, dura menos de 140 milissegundos), o piscar de olhos intencional teria uma longa fixação, atrasando a interação e bloqueando a visão do utilizador. Outro problema inerente ao piscar de olhos é a perda do ponto de fixação corrente, quando o olho fecha.

Quanto a técnicas de desenho de interface, a primeira questão é se é adequado mostrar um cursor durante a interação usando o olhar. O cursor tem como propósito orientar o utilizador, no entanto, pode tornar-se num elemento de distração, pois este poderá focar-se em mover o cursor e não na seleção pretendida [20].

O *two-step fixation* procura um desenho que não leve o utilizador a seleções indesejadas, ou seja, que permita alguma liberdade de movimentos. No entanto, caso as áreas de seleção sejam dispostas na página web, o espaço no ecrã que cada uma requer, pode sobrepor alguns elementos da página. Apesar disso, esta desvantagem pode ser mitigada se a área de seleção apenas aparecer após uma breve fixação no item correspondente (*dynamic two-step fixation*). No entanto, esta solução pode trazer novamente o problema de Midas, porque o utilizador poderá ter a necessidade de fazer uma fixação mais longa, mas não quer que apareça uma área de seleção adjacente e que bloqueie a leitura de outras componentes da interface. Deste modo, para uma implementação baseada nesta técnica, as áreas de seleção não devem interferir com a página web.

Uma das ferramentas que pode ajudar na leitura de páginas web é a ampliação de objetos. Apesar de ser possível selecionar objetos de qualquer dimensão, a ampliação tem diversos problemas. Numa abordagem indireta ou através do *two-step magnification*, o processo é mais demorado e penaliza muito os utilizadores que interagem usando o olhar, devido ao excesso de interação requerida. No caso da ampliação direta, o protótipo descrito (*fish-eye lens*) distorce a imagem, quebrando a relação espacial original entre os objetos da interface. Uma alternativa ao *two-step magnification* é a técnica de ampliação gradual. Apesar de procurar tornar a seleção de objetos mais rápida, esta técnica apresenta alguns problemas. Como a ampliação é feita de forma contínua e definida pelo sistema,

não é possível o utilizador controlar a ampliação do objeto, além de tornar a interação numa tarefa contínua de *tracking*, ao transformar objetos fixos em objetos móveis.

Como técnica para *scrolling* de uma página web usando o olhar, o *auto-scrolling* é uma solução de *scroll* contínuo e que permite ajustar a velocidade. No entanto, como o *scroll* requer duas áreas fixas no ecrã, poderá haver interferência com links que se encontrem nestas áreas, ou seja, o utilizador poderá fazer *scroll* sem intenção.

Para a seleção de links textuais, o *Radial Confirm* é um protótipo que pode parecer uma melhor alternativa face ao *Multiple Confirm*. No entanto, o *Radial Confirm* apresenta vários problemas que prejudicam o seu desempenho: o desenho dos botões à volta da área em foco é sempre imprevisível, devido à proximidade de alguns links às extremidades do ecrã. Além disso, tanto os botões como as guias (linhas cinzentas), tapam grande parte do conteúdo das páginas. O protótipo *Multiple Confirm* apresenta a desvantagem de que cada botão de confirmação necessita de uma legenda, um problema não só para links de grande tamanho, como para links que não tenham texto, como por exemplo, as imagens. No entanto, o seu desempenho é bastante superior ao *Single Confirm*, com uma média de seleção inferior em 2,9 segundos. Além disso, o *Single Confirm* apresenta uma maior taxa de erro, dado que numa área com diversos links, é difícil ao utilizador conseguir selecionar o botão de confirmação pretendido. Por esta razão, muitos utilizadores viram-se forçados a usar o rato para a seleção neste cenário.

O *Actigaze* constitui uma versão melhorada do *Multiple Confirm*, mas ainda com alguns problemas. Na variante *dynamic coloring*, o tempo de associação entre links e botões de confirmação depois do carregamento da página, pode interferir com os tempos de seleção. Na variante *static coloring*, apesar de não existirem mudanças dinâmicas na página, o impacto visual é grande porque todos os links são modificados. Finalmente, a utilização de cores para associar os links aos botões de confirmação, levanta problemas para os utilizadores daltónicos.

A extensão *ASE* (*Accessible Surfing Extension*) apresenta também um processo de seleção de links indireto (semelhante ao *Multiple Confirm* e *Actigaze*). No entanto, esta extensão acrescenta mais um passo neste processo, tornando-o mais demorado: uma confirmação para o identificador numérico escolhido através de um botão de confirmação. Além disto, a largura da barra lateral pode ser exagerada e condiciona a leitura da página web. Como a extensão é baseada num teclado numérico, existem vários botões que poderão ter tamanho insuficiente para garantir seleções sem erros. Apesar do tamanho dos botões ser configurável, um aumento do tamanho, aumenta também a largura da barra lateral.

Para a seleção de links vimos também um navegador web baseado em botões direcionais para mover o cursor. A vantagem deste método está na facilidade de utilização para utilizadores principiantes. No entanto, apesar de ser uma técnica natural ao utilizador, é lenta, porque seria necessário selecionar os botões direcionais e confirmar a posição do

cursor frequentemente.

Outro navegador web estudado, cria grupos de links para facilitar a seleção. Este desenho tem a vantagem de ser fácil detetar qual o grupo de links alvo de uma fixação, independentemente das características do sistema de *eye tracking*, pois o tamanho dos grupos de links é consideravelmente grande. No entanto, o processo de seleção é lento, porque envolve várias fixações até à seleção do link pretendido.

Por último, para a seleção de links, apresentámos um *plug-in* para navegadores web, que apresenta várias funcionalidades em duas barras laterais. Neste protótipo, a forma como é efetuado um clique de um link, revela-se bastante lenta porque é preciso mudar o estado do cursor para *clickable* e ainda fazer uma fixação no objeto pretendido.

Quanto à entrada de texto usando o olhar, descrevemos os *pie menus* em que o principal problema é o tempo que os utilizadores podem demorar a entender a disposição dos elementos. Enquanto o utilizador não estiver familiarizado com esta disposição, irá gastar grande parte do tempo de interação a avaliar o próprio desenho do *pie menu* e, por esta razão, deve ser evitado o método de seleção por *dwell*, para não se proceder a seleções indesejadas.

Outra solução para a entrada de texto é o *context switching*. Esta técnica foi desenhada com o intuito de permitir liberdade de movimentos com os olhos, no entanto, o facto de apresentar uma interface duplicada, poderá provocar distrações no utilizador e levar a erros de seleção. Além disso, o espaço necessário para a implementação do *context switching* limita a aplicabilidade desta técnica em vários cenários de seleção.

Por último, os protótipos *Iwrite* e *StarWrite*, apesar de permitirem a introdução de várias palavras por minuto, necessitam de um grau avançado de familiarização com o seu funcionamento.

Após esta análise, concluímos que o protótipo *Actigaze* é o mais interessante de todos os analisados. Este protótipo reúne um conjunto de características fundamentais para a navegação na web usando o olhar. Em primeiro lugar, o problema de Midas é evitado, dado que o utilizador tem total liberdade para analisar a página. Além disso, não existe sobreposição de elementos e não é necessária qualquer alteração de contexto, por exemplo, alternar entre um modo de navegação e um modo de clique. Em segundo lugar, a seleção de links é feita de forma indireta, não havendo por isso necessidade de implementar ferramentas de ampliação que atrasam o processo de seleção. Em terceiro lugar, apesar da seleção se basear em fixações, o *dwell* num botão de confirmação é de pouca duração, porque o utilizador já tem a intenção de selecionar esse mesmo botão (porque tem a mesma cor que o link pretendido). Por último, apesar da seleção de um botão de confirmação ser quase imediata, é dado um ligeiro *feedback* ao utilizador (a cruz presente no botão vai ficando maior), sendo possível cancelar a seleção e evitar um erro. O *Actigaze* preserva todas as vantagens do seu antecessor *Multiple Confirm* e estabelece um mapeamento por cores em vez de botões legendados com texto de tamanho variável.

A extensão *Accessible Surfing Extension (ASE)* apresenta também características promissoras porque, além de evitar o problema de Midas, a correspondência entre links e botões de seleção (por identificadores numéricos) é bastante intuitiva.

2.7 Síntese

Neste capítulo começamos por introduzir o tema da interação usando o olhar e as vantagens inerentes a esta forma de interagir com um computador. De seguida, explicamos as suas desvantagens e apresentamos técnicas de seleção de links e de desenho de interface que procuram compensar estas desvantagens. Estas técnicas são aplicadas em vários protótipos de navegação na web e de entrada de texto, que descrevemos em detalhe e apontamos os seus pontos fortes e fracos.

Para a navegação na web usando o olhar, é importante que tanto os tempos como a taxa de erro na seleção de links sejam reduzidos. Além disso, para que esta forma de interação se aproxime do grau de usabilidade da interação com o rato, é importante que o utilizador não seja condicionado durante a leitura e navegação das páginas web. Neste sentido, consideramos que as características presentes nos protótipos *Actigaze* e *ASE*, preenchem estes requisitos e podem ser incorporadas na nossa solução.

Com este estudo, enriquecemos o nosso conhecimento sobre a interação através do olhar, graças à análise de diversos protótipos que seguem diferentes abordagens para a seleção de links. Esta análise permitiu identificar o *Actigaze* como a base para o desenvolvimento da nossa solução *EyeLinks*.

Capítulo 3

***EyeLinks*: Solução para Seleção de Links Usando o Olhar**

Neste capítulo descrevemos todos os aspetos relativos ao desenvolvimento da solução *EyeLinks*. Começamos por identificar os tipos de links mais comuns nas páginas web e apresentamos brevemente a técnica que os permite seleccionar. Explicamos também as decisões de desenho da solução, o processo de seleção de links e os detalhes de implementação da solução. Por último, mencionamos as tecnologias usadas para a sua implementação.

3.1 Tipos de seleção

Após o estudo de técnicas de interação usando o olhar, percebemos que o *dwell* é a técnica mais utilizada nas várias soluções para navegação na web. Para que a experiência de navegação na web seja semelhante à do rato, é necessário que a técnica de seleção a usar seja adequada aos links mais comuns existentes nas páginas web. O *dwell* é uma técnica que permite que vários tipos de links sejam seleccionados usando o olhar. No entanto, uma técnica baseada na seleção direta por fixações faz com que o problema de Midas esteja sempre presente, ou seja, o utilizador poderá seleccionar um link acidentalmente. Para contornar este problema, surgiu o *two-step fixation*, que garante a seleção através de áreas adjacentes a cada link. Apesar disso, estas áreas alteram significativamente a disposição da página, provocando sobreposições de elementos e prejudicando a sua legibilidade. Das soluções de navegação estudadas, as que considerámos mais interessantes, procuram eliminar o problema de Midas, recorrendo a um desenho particular do *two-step fixation*, no caso do *Actigaze* [6], e a múltiplas fixações, no caso do *ASE* [5]. No entanto, a técnica de seleção usada no *Actigaze* apenas funciona para links normais (textuais), enquanto o *ASE*, devido à sua idade, não suporta algumas formas de seleção e sites populares. A tabela 3.1 indica a viabilidade da técnica de *dwell* para a seleção dos vários tipos de links mais comuns nas páginas web, identificando também quais os que podem ser seleccionados usando as duas soluções de navegação referidas acima.

	<i>Dwell</i>	<i>ASE</i>	<i>Actigaze</i>
<i>Links textuais</i>	✓*	✓*	✓
Símbolos			
Imagens clicáveis	✓	✓*	
<i>Hovers</i>	✓		
Botões	✓	✓	

Tabela 3.1: Tipos de links suportados por cada técnica. Algumas técnicas poderão não suportar casos particulares de links. Esta situação é marcada com um “*”.

Para a seleção de links textuais presentes, por exemplo, na *wikipedia* ou numa pesquisa *Google*, a seleção direta por *dwell* poderá não ser adequada, devido à imprecisão do *eye tracker* utilizado. As pequenas dimensões da maioria dos links textuais, podem causar erros na seleção do link pretendido. Tanto o *ASE* como o *Actigaze* (na variante *static coloring*) podem tornar-se inadequados, se tivermos muitos links na página, pois teremos uma atribuição excessiva de números e cores, alterando a disposição da página.

Para a seleção de links sob a forma de símbolos ou pequenas imagens (por exemplo, botões de *like* e *dislike*), a seleção direta por *dwell* implicaria o uso de uma ferramenta de ampliação, devido às reduzidas dimensões destes elementos clicáveis. Tanto o *ASE* como o *Actigaze*, não permitem a seleção de símbolos.

Para a seleção de imagens clicáveis, são viáveis o *dwell* e o *ASE*. O último, permite a seleção de imagens através de um identificador numérico adjacente. No entanto, este identificador poderá alterar a disposição normal da página, principalmente num ambiente com várias imagens.

A seleção de elementos que surgem na página dinamicamente (após um *hover*) é conseguida apenas pela técnica de *dwell*, já que tanto no *ASE* como no *Actigaze*, esta situação não é suportada.

A seleção de botões, por exemplo, numa submissão de formulário ou botões presentes em menus de navegação (*navbars*), é conseguida pela técnica de *dwell* e pelo *ASE*. O *Actigaze* não permite a seleção de botões.

Além destes cenários de seleção, podem surgir nas páginas web elementos clicáveis com apenas uma função mas com desenho variável, nomeadamente, elementos que permitam alterar o conteúdo da página (por exemplo, alterar uma notícia em destaque ou uma sequência de vídeos). A técnica que propomos (*EyeLinks*) procura eliminar algumas das limitações existentes, suportando a seleção da maior variedade de links possível.

3.2 Conceção da Técnica de Seleção de Links

A solução *EyeLinks* é baseada numa técnica de seleção indireta de links, ou seja, a seleção não é feita diretamente no alvo (link) mas sim noutro elemento que o representa. Este elemento, a que chamamos de botão de confirmação, está presente numa barra lateral separada da página web. A solução *EyeLinks* implementa por isso, um desenho baseado no *two-step fixation*, em que são necessárias duas fixações para a seleção de um link. Neste sentido, após uma primeira fixação no link que se quer selecionar, surge um identificador numérico sobre o mesmo, na página web. Para selecionar o link, é depois necessário fazer uma segunda fixação no botão lateral de confirmação que apresenta o mesmo identificador numérico do link (Figura 3.1).

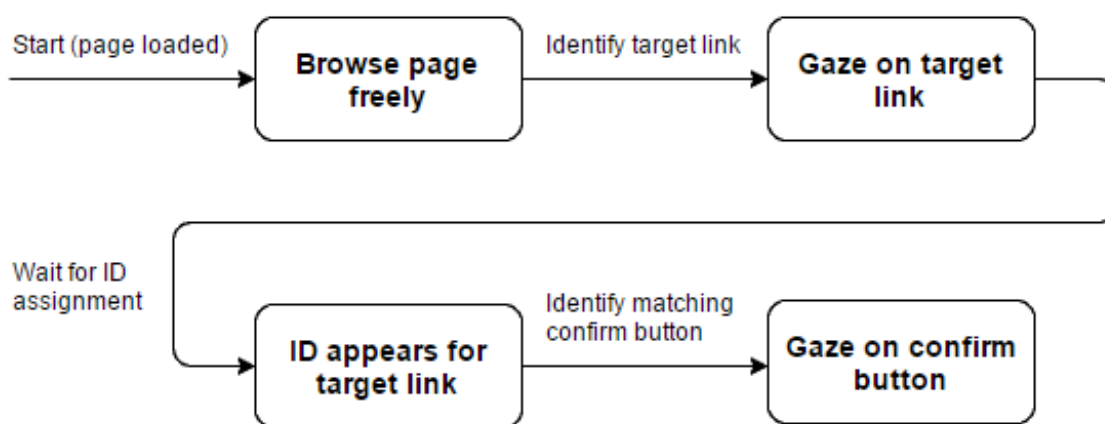


Figura 3.1: Técnica de seleção na solução *EyeLinks*, baseada em duas breves fixações, uma no link e outra no botão de confirmação (*two-step fixation*).

3.2.1 Decisões de Desenho

Para o desenho da nossa solução, tivemos em conta não só as técnicas de interação estudadas, mas também o número de técnicas diferentes a utilizar. Quanto menor for a complexidade do processo de interação, maior a facilidade de aprendizagem e o grau de satisfação do utilizador. Além disso, de modo a permitir que este navegue livremente sem a preocupação de fazer uma seleção indesejada, demos preferência a uma técnica que minimize erros de seleção e que não provoque distrações, eliminando o problema de Midas. Estes aspetos aliados às características da generalidade dos links, como por exemplo, o reduzido espaço livre entre eles, levou-nos a eliminar soluções baseadas na seleção direta, como por exemplo, links ativados por fixações ou por áreas adjacentes aos mesmos, e a escolher uma técnica em que a seleção é feita de forma indireta. Desta forma, o utilizador tem total liberdade de movimentos dentro da página web, não são necessárias técnicas de ampliação de links e o mecanismo de seleção não causa sobreposições de elementos.

De modo a permitir a seleção dos links mais comuns existentes na web, utilizamos uma identificação numérica de links, em vez de outro tipo de mapeamento, como por exemplo a cor, utilizada no *Actigaze*. Numa página web, o número de links pode ser bastante elevado e a atribuição de cor para cada um deles resultaria numa página com excesso de cor e de difícil leitura, como acontece com a versão *static coloring* da solução *Actigaze*. Além disso, para evitar que dois links tenham o mesmo botão de confirmação, a cor atribuída a cada link necessita de ser diferente, sendo que o número de cores facilmente distinguíveis se esgotaria rapidamente. No entanto, os maiores problemas da utilização de cores, estão na capacidade de distinção e na necessidade (e facilidade) de aprendizagem da disposição das cores. O mapeamento de links através de um número tem as vantagens de ser discreto (não muda significativamente a interface da página) e facilmente identificável, devido ao facto dos números terem uma ordem natural. Este último fator é bastante importante porque o rápido reconhecimento de um botão de confirmação correspondente ao link pretendido, acelera o processo de seleção.

Para mitigar a imprecisão do *eye tracker* e facilitar a seleção dos botões de confirmação, estes têm dimensões de modo a que, mesmo com o erro do *eye tracker*, o olhar fica dentro do botão. No entanto, como estes botões ocupam parte da janela do navegador, foi importante garantir que o seu tamanho não comprometia a leitura da página web. Estes botões são dispostos numa barra lateral à direita da página web, enquanto à esquerda encontra-se uma barra com botões que oferecem algumas possibilidades de navegação genéricas ao utilizador, como por exemplo, o *scroll*, o retroceder ou o avançar de página.

Apesar do processo de seleção recorrer a botões auxiliares, a primeira fixação é sempre feita diretamente num link. Devido à imprecisão do *eye tracker*, esta fixação direta poderia fazer com que fosse atribuído um identificador numérico a um link não pretendido. Por esta razão, na solução *EyeLinks*, após a fixação inicial no link que se pretende selecionar, atribuímos identificadores numéricos a todos os links que se encontram numa área em redor do ponto focado, que designamos por *red box*. Deste modo, independentemente da precisão do *eye tracker* garantimos que o link pretendido pode ser selecionado, pois encontra-se dentro da *red box* e, como tal, no grupo de links com identificadores atribuídos (Figura 3.2).

A existência desta área em volta do ponto de fixação elimina também a necessidade de ter um algoritmo de estabilização de coordenadas do cursor. Além disso, já existe uma opção de estabilização de coordenadas oferecida pelo *eye tracker* que usamos (*TheEyeTribe*). No entanto, mesmo com esta opção ativa, a instabilidade do cursor pode ser, por vezes, acentuada devido aos movimentos constantes do olhar. Por esta razão, decidimos tornar o cursor não visível na nossa solução, para não perturbar o utilizador e não o induzir em erro, levando-o a tentar corrigir constantemente a posição do cursor.

A utilização da *red box* evita não só atribuir identificadores a todos os links de uma página (como acontece na extensão *ASE*), como também apresentar um número excessivo

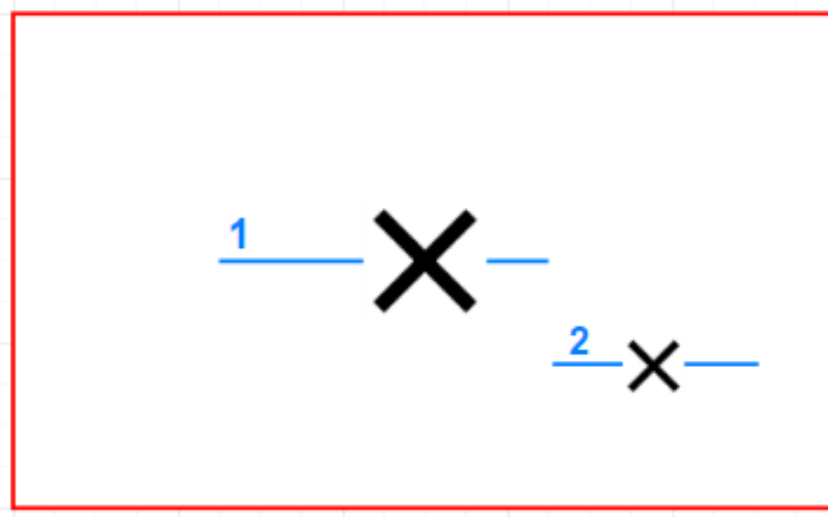


Figura 3.2: Exemplo ilustrativo da área em redor do ponto de fixação atual (*red box*), onde são atribuídos identificadores a links. A cruz grande representa o ponto no ecrã para onde o utilizador está a olhar, detetado pelo *eye tracker*. A cruz pequena representa o ponto no ecrã para onde o utilizador está realmente a olhar. As linhas azuis representam links na página web. Caso não existisse a *red box*, o link que se pretende seleccionar (atribuído com o identificador 2), não seria detetado e não teria qualquer atribuição.

de botões de confirmação na barra lateral (uma página com 40 links implicaria 40 botões de confirmação). Desta forma e de acordo com a Lei de Hick [11], ao reduzirmos o número de opções disponíveis estamos também a diminuir o tempo de escolha.

A atribuição de vários identificadores dentro da *red box* implica, no entanto, a disposição do mesmo número de botões de confirmação na barra lateral, que podem não caber na janela do navegador. Para resolver este problema, implementamos um mecanismo em que apenas é detetado um número de links dentro da *red box* tal que as dimensões dos botões de confirmação não excedam a altura da janela.

3.2.2 Processo de Seleção de Links

O processo de seleção de links usando o olhar, da solução *EyeLinks*, é ilustrado pela máquina de estados da Figura 3.3.

O processo de seleção de links, como vimos anteriormente, é feito recorrendo a botões de confirmação, que não são apresentados inicialmente (após o carregamento da página web), dado que nenhuma atribuição de identificadores ainda foi feita. De acordo com a Figura 3.3, caso não seja feita uma fixação numa zona com links ou ocorra uma fixação numa zona sem links, não há qualquer atribuição de identificadores, logo não é apresentado nenhum botão de confirmação. Se ocorrer uma fixação numa zona com links seleccionáveis, após 500 milissegundos, são associados identificadores numéricos a cada um dos links que se encontram dentro da *red box* e são disponibilizados os respetivos

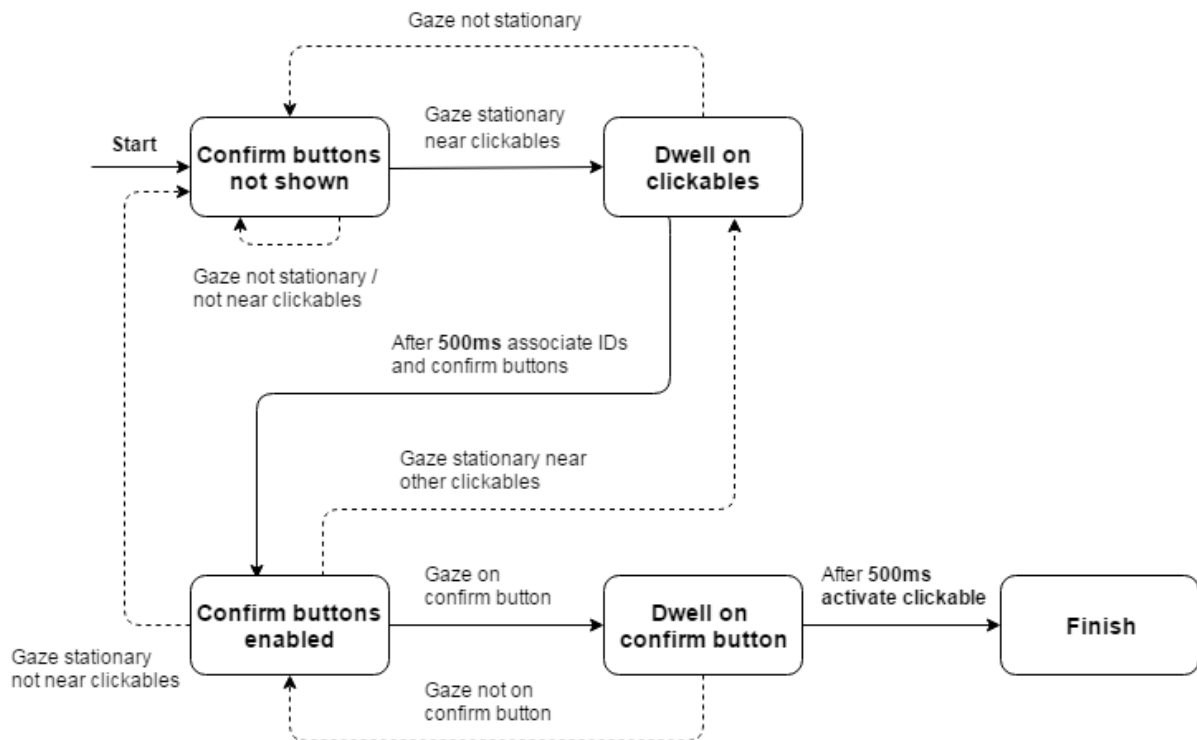


Figura 3.3: Máquina de estados da solução *EyeLinks*. As setas a tracejado indicam um retrocesso enquanto que as setas a cheio indicam uma transição para a próxima etapa do processo. A sequência de setas a cheio traduz um processo de interação ideal.

botões de confirmação. Após esta associação, se ocorrer uma nova fixação numa zona sem links, são desativados (não mostrados) todos os botões de confirmação, enquanto que se a fixação for feita numa nova zona com links, é realizada uma nova atribuição e são mostrados novos botões de confirmação com as referências atualizadas. Se for feita uma fixação de 500 milissegundos num botão de confirmação, o link correspondente é selecionado e a nova página é carregada.

3.3 Concretização da Técnica de Seleção de Links

Nesta secção explicamos em detalhe a técnica de seleção na solução *EyeLinks*, nomeadamente, como é feita a atribuição de identificadores numéricos a links e a sua seleção.

3.3.1 Atribuição de IDs

Como sabemos, na interação através do olhar, o movimento do cursor não é estável como acontece com o rato. Mesmo quando um utilizador não move o olhar, o cursor faz sempre pequenos movimentos. Para evitar que cada movimento do cursor seja considerado como um movimento do olhar, a solução *EyeLinks* considera os movimentos do cursor apenas

a cada 50 milissegundos. Este valor foi definido tendo em conta que os olhos demoram aproximadamente este tempo para se moverem até ao próximo ponto de fixação [31].

A atribuição de identificadores a links apenas ocorre se houver uma fixação numa certa zona da página web. Consideramos que ocorre uma fixação se, durante um intervalo de tempo, as coordenadas do cursor não registarem uma diferença significativa (*offset*) em relação às suas coordenadas em movimentos anteriores. Este *offset* de coordenadas (de 1 milímetro) foi determinado de modo que uma fixação não seja interpretada como um movimento do olhar e para que seja permitida alguma liberdade de movimentos dentro da área alvo de fixação, sem que ocorra uma nova atribuição de identificadores (Figura 3.4).

Tipicamente, na interação usando o olhar e para movimentos normais, os olhos fazem em média fixações de aproximadamente 200 milissegundos [31]. Tendo em conta isto e a preocupação de evitar uma constante disposição de novos identificadores que atrapalhe a leitura da página, usamos 500 milissegundos como o intervalo de tempo para considerar que ocorreu uma fixação.

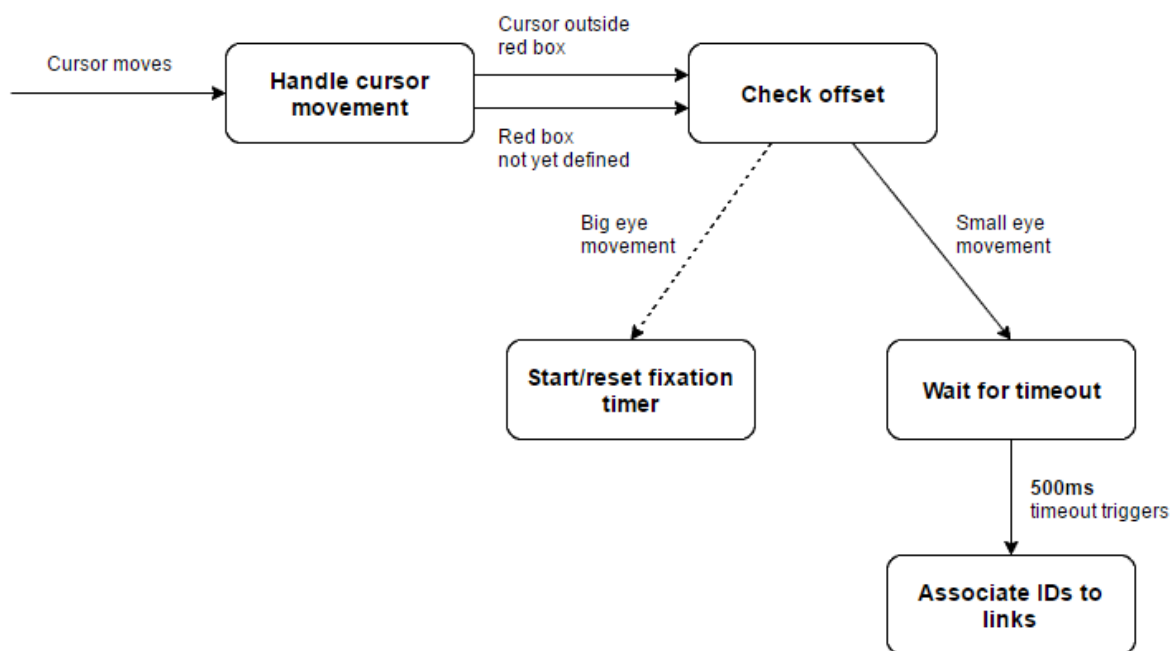


Figura 3.4: Esquema que ilustra como é processado um movimento do cursor. O primeiro movimento após o carregamento da página web, é considerado como um *big eye movement*. Para os seguintes movimentos do cursor, se a diferença de coordenadas não for superior ao *offset*, após 500 milissegundos, são atribuídos os identificadores numéricos aos links na área focada.

Red Box e Identificadores

Assim que o utilizador completa uma fixação, é definido um retângulo não visível (*red box*) à volta do cursor, que procura simular a área de interesse do utilizador, ou seja, a zona cujos links podem ser selecionados (Figura 3.5). A *red box* começa por ter a terça parte das dimensões (comprimento e largura) da janela do navegador web, de modo que um número considerável (mas não exagerado) de links possa ser selecionado. Para que a atribuição atual se mantenha, o utilizador não pode realizar um movimento com o olhar (*saccade*) para outras zonas do ecrã, ou seja, para fora dos limites da *red box*. Caso seja feito este movimento, a atribuição atual mantém-se até que seja detetada uma nova fixação dentro da página web, ou um dos botões de seleção seja ativado.

Para permitir a seleção de vários tipos de links, a forma como são atribuídos identificadores tem em conta os casos de seleção mais comuns na web. Contrariamente ao *Actigaze*, na solução *EyeLinks* atribuímos identificadores à maioria dos elementos clicáveis, não só a links textuais, como também a símbolos, imagens, botões, *hovers* ou links inseridos em *navbars*. Neste sentido, cada elemento clicável apresenta um pequeno identificador numérico branco sob um fundo vermelho, de modo que seja facilmente reconhecida a atribuição do identificador ao link sem afetar significativamente a sua visibilidade. Este identificador está colocado no canto superior esquerdo de cada elemento clicável (Figura 3.5) e apresenta uma borda exterior branca, de forma a facilitar o seu reconhecimento em páginas ou objetos com cor de fundo vermelha.

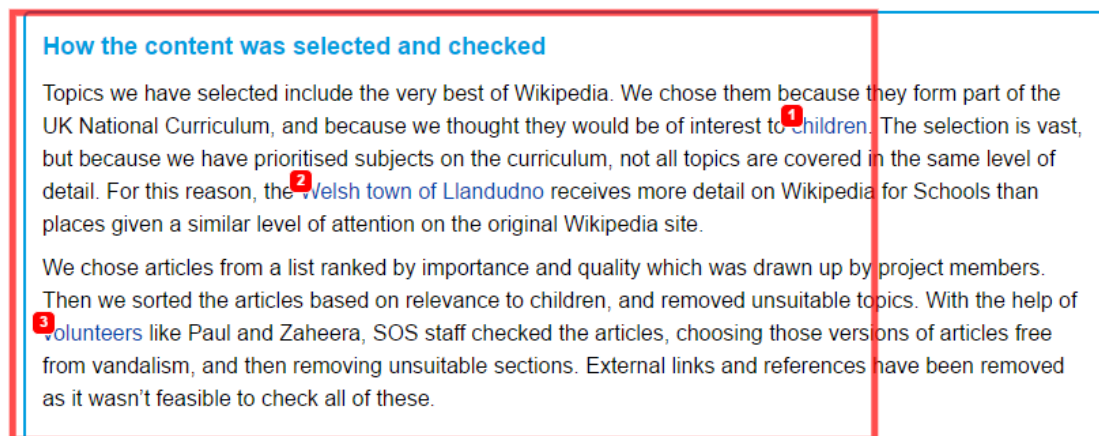


Figura 3.5: Dimensões da área de interesse do utilizador (*red box*). Neste exemplo, foram atribuídos identificadores aos três links textuais presentes na *red box*. Nota: a *red box* não está visível para o utilizador.

Redimensionamento da *Red Box*

Apesar das dimensões da *red box* não serem exageradas, podem ocorrer situações em que esta contenha muitos links. Nesta situação, devido à limitação de tamanho do ecrã, a disposição de todos os botões de confirmação pode exceder o tamanho da janela, obrigando o utilizador a fazer *scroll* para ter acesso a todos os botões. Para solucionar este problema, a nossa solução implementa um algoritmo de redimensionamento automático da *red box*. Caso ocorra esta situação, as dimensões da *red box* são progressivamente reduzidas até que o número de links que ela contém permita a disposição de todos os botões de confirmação na janela.

Podemos agora completar o esquema de processamento de um movimento do cursor com esta nova verificação (Figura 3.6).

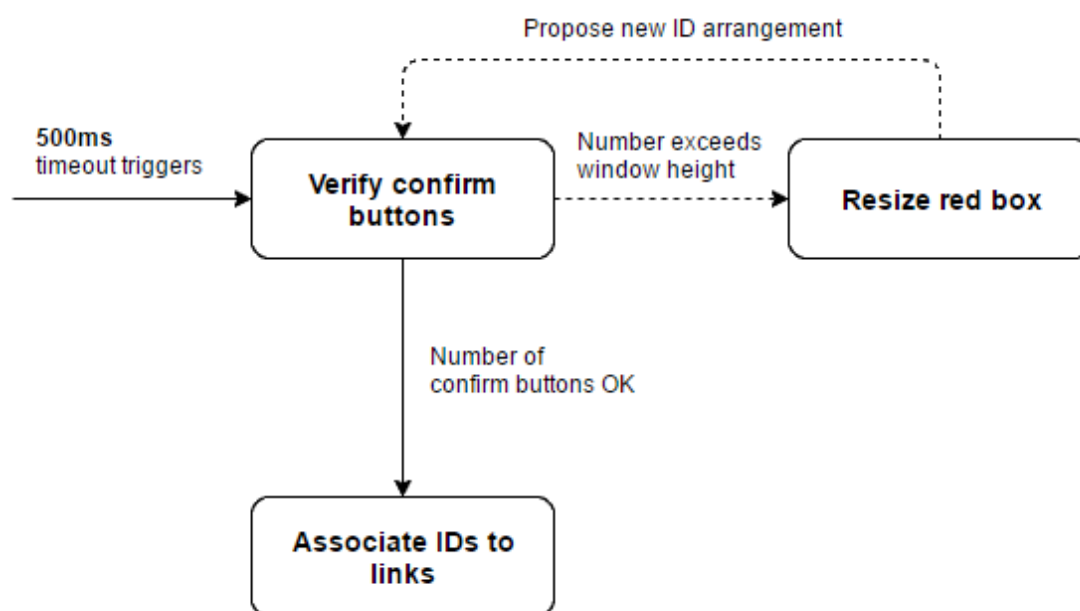


Figura 3.6: Adição do passo de verificação do número de botões de confirmação. Caso o tamanho da janela seja excedido, é feita uma redução sucessiva da *red box*, até que seja possível a disposição no ecrã do maior número de botões possível.

3.3.2 Seleção de Links

Como vimos, a seleção de links na nossa solução é feita através de botões de confirmação. Para não causar uma distração imediata ao utilizador, assim que a página é carregada ou quando é feita uma fixação numa zona sem links, não é mostrado qualquer botão de confirmação.

Para a seleção de um link, após a atribuição de um identificador, é necessária uma fixação no botão de confirmação com o respetivo identificador. Este tempo de fixação é de 500 milissegundos e foi definido de acordo com o *feedback* dado por alguns utilizadores que experimentaram a solução durante os testes preliminares.

A solução *EyeLinks*, ao apresentar uma identificação numérica para os links, faz com que o processo de seleção seja coerente e natural, dado que os botões de confirmação não mudam de posição, apenas as suas referências são alteradas. Os botões de confirmação apresentam uma disposição vertical (Figura 3.7), porque numa disposição horizontal, o olhar poder-se-ia cruzar mais facilmente com um dos botões de confirmação não desejado e causar um erro de seleção, como acontece no teclado numérico da extensão ASE. A localização do painel onde se encontram os botões de confirmação pode também ter impacto nos tempos de seleção. Este painel foi colocado à direita da página, devido ao nosso sentido de leitura, da esquerda para a direita, fazer com que o olhar se concentre primeiramente na parte esquerda da página. Esta decisão, ao tirar partido do sentido de leitura, procura tornar o processo de seleção mais natural ao utilizador, dado que a seleção de um botão de confirmação só é feita depois do reconhecimento (leitura) do link a seleccionar. À esquerda da página, optámos por colocar, uma barra lateral com 5 botões de navegação que permitem ao utilizador fazer, por exemplo, *scroll* da página atual ou voltar à página anterior (Figura 3.7). A localização desta barra é também estratégica, na medida em que algumas destas funções são imediatamente acedidas após o carregamento da página e outras, como o retroceder, o avançar e o atualizar a página, encontram-se no canto superior esquerdo da generalidade dos navegadores web. Os botões de navegação são igualmente ativáveis por uma fixação de 500 milissegundos.

Durante o processo de fixação no botão de confirmação, uma barra de progresso dá *feedback* ao utilizador, permitindo-lhe cancelar a seleção se assim desejar, através de um movimento para fora do botão de navegação ou de confirmação (Figura 3.8). Assim que um botão é selecionado, tanto a barra de progresso como as bordas exteriores ficam verdes, de modo a indicar a confirmação da seleção. Esta barra de progresso encontra-se no topo de cada botão de confirmação. Este posicionamento tem em conta o facto do ponto no ecrã detetado pelo *eye tracker* utilizado, se encontrar tipicamente mais abaixo da posição real. Neste sentido, o posicionamento da barra, procura evitar que o olhar do utilizador se afaste do centro do botão a ser selecionado, compensando esta pequena imprecisão do *eye tracker*.



Figura 3.7: Página da *wikipedia* adaptada para interação usando o olhar, pela solução *EyeLinks*. À esquerda encontra-se a barra lateral que permite as seguintes operações: atualizar a página, *scroll up*, retroceder, avançar e *scroll down*. À direita encontra-se o painel com os botões de confirmação. Neste exemplo, 4 links textuais podem ser selecionados: *Art*, *Business Studies*, *Citizenship* e *Countries*.

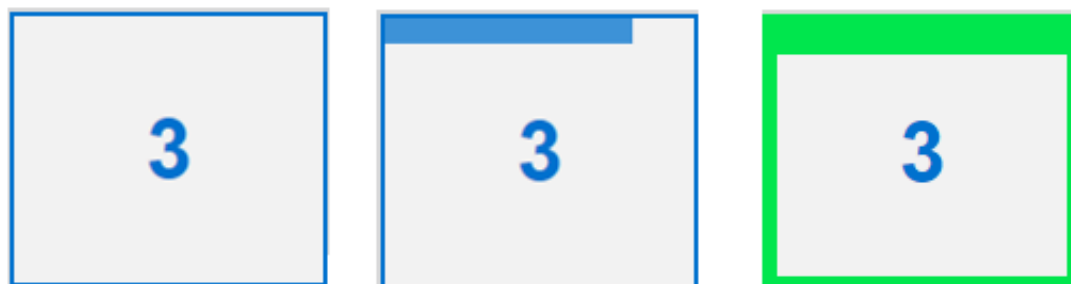


Figura 3.8: Três fases de seleção indicadas pela barra de progresso de um botão de confirmação.

3.4 Tecnologia

A nossa solução para navegar em páginas web usando o olhar (*EyeLinks*) foi materializada numa extensão para o navegador *Google Chrome*. A extensão consiste num *script* principal desenvolvido em *Javascript* e usando a biblioteca *jQuery 3.1.1* para a implementação de algumas funcionalidades. A parte da apresentação da solução foi feita usando *CSS* e a *framework Bootstrap*, para alguns elementos da interface. Todas as componentes da extensão estão reunidas num ficheiro em *JSON*.

3.5 Síntese

Neste capítulo descrevemos a nossa solução, que tem por base uma técnica de seleção indireta de links, através da atribuição de um identificador numérico a cada link. Este é o primeiro dos dois passos necessários à seleção de um link e foi pensado de forma a mitigar os problemas de imprecisão dos *eye trackers* e a minimizar o problema de Midas. O segundo passo consiste numa fixação no botão de confirmação com o mesmo identificador atribuído ao link pretendido. O processo de seleção do *EyeLinks* é portanto, baseado num *two-step fixation*, dois passos que explicamos em detalhe, por serem o centro da implementação do *EyeLinks*.

Apresentamos também as características de desenho que diferenciam o *EyeLinks* das extensões *Actigaze* e *ASE*. Estas características foram concebidas de forma a resolver as limitações destes protótipos. Neste sentido, procuramos melhorar o grau de facilidade de aprendizagem e principalmente, tornar o processo de seleção mais natural ao utilizador, de modo a obter tempos e taxas de erro de seleção inferiores. Para isso, o mapeamento de links através de números em vez de cores, é uma característica que ajuda os utilizadores a reconhecerem mais rapidamente qual o botão que querem seleccionar. Além disso, procuramos aproximar a usabilidade do *EyeLinks* à forma mais comum de interação com um computador, o uso do rato. Por esta razão, estabelecemos uma técnica de identificação de links não intrusiva, que permite a navegação na web com total liberdade, sem preocupações de seleções acidentais e sem distrações significativas. Um dos elementos de desenho mais importantes na redução de erros é o *feedback* de seleção dado ao utilizador. Nos protótipos *Actigaze* e *ASE*, consideramos o desenho desta componente inadequado e insuficiente. Por esta razão propomos uma forma de *feedback* através de uma barra de progresso que traduz as fases de seleção durante uma fixação num botão de confirmação.

Capítulo 4

Avaliação Experimental

Neste capítulo avaliamos o grau de usabilidade da técnica de interação desenvolvida (*EyeLinks*). Para tal, descrevemos a metodologia de avaliação, que inclui testes com utilizadores, e apresentamos e analisamos os resultados. Estes testes têm como objetivo medir não só, fatores como o tempo e a taxa de erro na seleção de links, mas também a satisfação dos utilizadores sobre o protótipo e as decisões de design que influenciam diretamente o seu desempenho.

4.1 Testes Preliminares e Testes Piloto

Para avaliar o grau de usabilidade da solução *EyeLinks*, comparámos o seu desempenho com o do *Actigaze* [6], a solução que considerámos mais interessante e com características próximas das que pretendíamos para a nossa solução. De modo a ter as duas soluções prontas para testes com utilizadores, foi necessário configurar parâmetros como o tempo de fixação nos botões de confirmação e o tempo de atribuição de números ou cores a links. Com este objetivo, foram realizados testes preliminares e testes piloto, que permitiram fazer algumas alterações ao *EyeLinks* com base no *feedback* dos utilizadores.

4.1.1 Testes Preliminares ao *EyeLinks*

Os testes preliminares realizados ao *EyeLinks* decorreram durante a iniciativa “Dia Aberto FCUL 2017” e tiveram a participação de 11 alunos finalistas do ensino secundário. A experiência consistiu na navegação livre em várias páginas web escolhidas pelos utilizadores, com o objetivo de identificar potenciais problemas.

A Figura 4.1 ilustra a versão do *EyeLinks* usada tanto nos testes preliminares como nos testes piloto, composta apenas por uma barra lateral à direita, que incluía todos os botões. Enquanto a maioria dos utilizadores considerou adequado o tamanho dos botões, dois utilizadores tiveram dificuldades na seleção e consideraram os botões pequenos. Todos os utilizadores consideraram adequados quer o tempo de atribuição de identificadores, quer o tempo de seleção de botões de confirmação, fixados em 500 milissegundos.

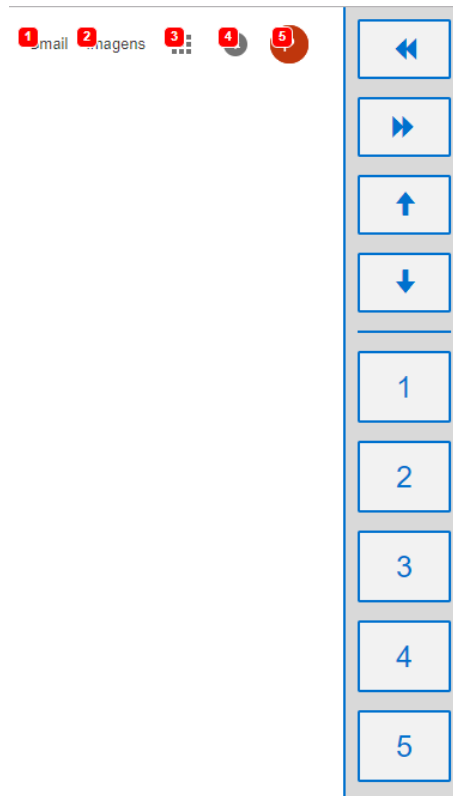


Figura 4.1: Barra lateral do *EyeLinks* apresentada nos testes preliminares e testes piloto.

4.1.2 Testes Piloto ao *EyeLinks* e *Actigaze*

A variante do *Actigaze* escolhida para a comparação com a nossa solução foi a *dynamic coloring*, porque o processo de identificação de links apresenta semelhanças com o *EyeLinks*. Além disso, nos testes realizados pelos autores [6], esta variante, em comparação com o *static coloring*, apresentou uma menor taxa de erro na seleção (2,1% contra 3,5%) e melhor grau de usabilidade, dado pelo *score SUS* (78,32 contra 76,24).

Os testes piloto, feitos a três utilizadores (não envolvidos na experiência principal), tiveram como objetivo validar e melhorar o procedimento experimental definido para os testes com os utilizadores (Figura 4.2). Nos testes piloto da solução *Actigaze*, começámos por usar os valores por omissão (200 milissegundos para os dois passos de seleção). No entanto, este valor teve de ser aumentado devido à ocorrência de sucessivos erros de seleção pelos utilizadores. Neste sentido, o tempo de atribuição de cores e de seleção de botões foi definido em 500 milissegundos, valor considerado adequado pelos utilizadores. Nos testes piloto ao *EyeLinks*, o tempo de 500 milissegundos definido com base nos testes preliminares, foi considerado adequado aos dois passos de seleção, enquanto que o tamanho dos botões de confirmação foi considerado pequeno. Além disso, os utilizadores consideraram inadequada a disposição dos botões de navegação. Por esta razão, a versão final do *EyeLinks* levada a testes foi melhorada, ficando com o desenho que vimos no capítulo anterior.

4.2 Descrição da Experiência

A avaliação experimental da nossa solução, consistiu na sua comparação com o *Actigaze* e com o rato. A primeira solução porque é a mais próxima da nossa técnica e o rato, porque é a técnica mais usada pelos utilizadores para seleccionar links.

Em primeiro lugar, foi explicado a cada participante o contexto da experiência e foi pedido o preenchimento de um questionário demográfico (ver anexo A). Este questionário teve como objetivo perceber o grau de familiarização de cada utilizador com a interação usando o olhar, além de registar outros dados que pudessem influenciar o processo de interação, por exemplo, se o utilizador tinha deficiências visuais. De seguida, foi cumprido o procedimento experimental dos testes ao *EyeLinks*, ilustrado pela Figura 4.2.

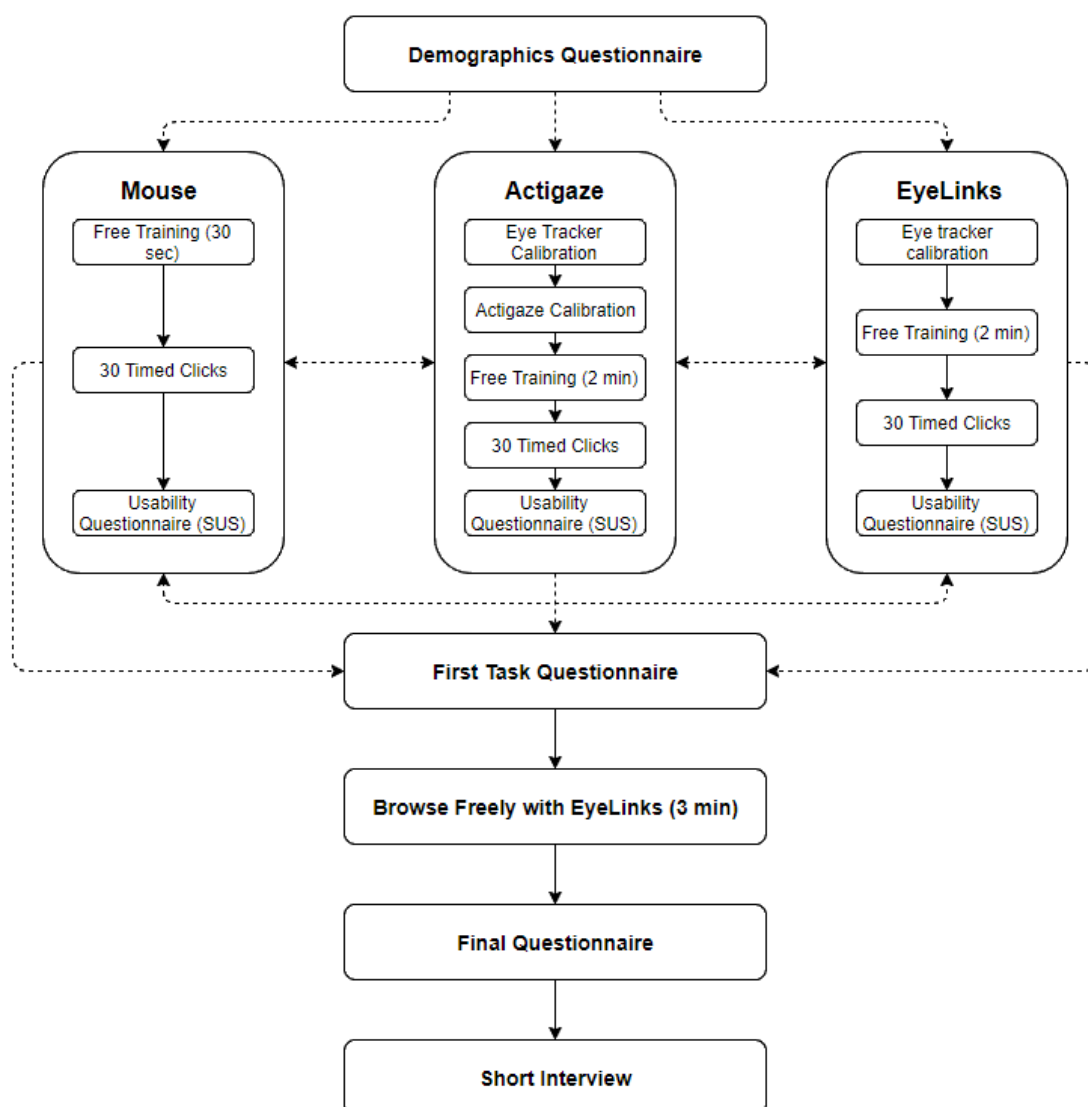


Figura 4.2: Procedimento experimental dos testes realizados ao *EyeLinks*. Nota: A primeira tarefa pode ter 6 ordens diferentes, ilustradas na Tabela 4.1.

A experiência dividiu-se em duas tarefas, com duração total aproximada de 40 minutos. A primeira tarefa tinha como objetivo comparar o desempenho da solução *EyeLinks* com o *Actigaze* e com a interação usando o rato. Neste sentido, para cada utilizador foi registado o tempo que demorou a seleccionar os links pedidos e os erros ocorridos. Como vimos, a solução *Actigaze* foi especificamente desenvolvida para a seleção de links em páginas *wikipedia* (não suportando outro tipo de links) e, por essa razão, a comparação das três técnicas de interação foi feita usando a mesma página¹ que os autores do *Actigaze* usaram para o avaliar.

A primeira tarefa consistiu na seleção de uma sequência fixa de 30 links usando cada uma das três técnicas de interação. Os links a seleccionar foram escolhidos de forma a que existissem dois níveis de dificuldade na seleção. Desta forma, além de links simples (links isolados), foi pedida a seleção de alguns links rodeados por outros, para testar a capacidade de resposta das soluções em situações potencialmente mais complexas. Para facilitar o reconhecimento dos links na página, antes da realização da tarefa, o coordenador da experiência indicou aos utilizadores em que zonas do ecrã se localizavam os links a seleccionar. Para o *EyeLinks* e *Actigaze*, os utilizadores tiveram dois minutos de treino de habituação à solução, enquanto que para o rato, os utilizadores tiveram 30 segundos de treino. O treino consistiu na seleção livre de links na página e os utilizadores foram encorajados a experimentar as técnicas de *scrolling* de página presentes nas duas soluções, embora o *scroll* não fosse necessário nesta tarefa.

Antes do treino, para o *Actigaze* ou *EyeLinks*, o *eye tracker* foi posicionado corretamente e calibrado. Além da calibração do *eye tracker*, para o *Actigaze*, cada utilizador realizou a calibração própria desta solução. Durante a tarefa, cada link foi ditado ao utilizador pelo coordenador da experiência. Como a sequência de links é fixa, à medida que o utilizador realiza a tarefa para cada uma das técnicas de interação, vai localizar mais rapidamente cada link, reduzindo o seu tempo de seleção. Por esta razão, a cada utilizador é atribuída uma ordem de teste, de entre as 6 possíveis (permutações de 3) (Tabela 4.1). Por exemplo, primeiro é feita a tarefa com o rato, depois com o *Actigaze* e, por último, com o *EyeLinks*. Após a seleção através de cada técnica, foi pedido, para cada uma, o preenchimento de um questionário de usabilidade (*SUS*) [4]. Depois de testadas as três técnicas de interação, pedimos o preenchimento de um questionário que compara a viabilidade e usabilidade destas técnicas no cenário desta tarefa.

A segunda tarefa começou com uma nova calibração do *eye tracker* e consistiu na navegação livre na web em páginas escolhidas pelo utilizador, durante três minutos, usando apenas o *EyeLinks*. Esta tarefa teve como objetivo mostrar ao utilizador a aplicação da técnica de seleção a um contexto de navegação mais alargado, não limitado apenas ao uso da *wikipedia* e de links textuais. Nesta tarefa, os utilizadores tiveram total liberdade para usar os botões de navegação (atualizar, *scroll up*, retroceder, avançar e *scroll down*)

¹schools-wikipedia.org/

Teste 1	Rato	<i>Actigaze</i>	<i>EyeLinks</i>
Teste 2	Rato	<i>EyeLinks</i>	<i>Actigaze</i>
Teste 3	<i>Actigaze</i>	Rato	<i>EyeLinks</i>
Teste 4	<i>Actigaze</i>	<i>EyeLinks</i>	Rato
Teste 5	<i>EyeLinks</i>	Rato	<i>Actigaze</i>
Teste 6	<i>EyeLinks</i>	<i>Actigaze</i>	Rato

Tabela 4.1: As 6 possíveis ordens de teste, para a primeira tarefa.

e seleccionar diferentes tipos de links. No final da tarefa foi pedido ao utilizador o preenchimento de um questionário mais detalhado sobre o *EyeLinks*, que procurou perceber quais as razões para a ocorrência de erros de selecção e a sua opinião quanto a várias decisões de desenho da solução. Este questionário foi seguido de uma pequena entrevista em que procurámos saber qual a solução preferida pelo utilizador e o que pensava sobre a interação usando o olhar.

Durante a experiência, os utilizadores não foram informados de qual era a solução desenvolvida pelo autor deste trabalho. Para tal, o *Actigaze* foi referenciado como “Protótipo Colorido” e o *EyeLinks* como “Protótipo Numérico”.

4.3 Resultados Experimentais

Nesta secção, apresentamos e analisamos os resultados da experiência descrita na secção anterior.

A experiência foi realizada a 19 utilizadores, 16 do sexo masculino (84,2%) e 3 do sexo feminino (15,8%) e teve lugar num laboratório de informática na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Todos os utilizadores navegam diariamente na internet e utilizam o computador com frequência. A maioria dos utilizadores (84,2%) têm idade entre 18 e 30 anos e são estudantes de licenciatura ou mestrado na mesma faculdade. Apenas dois utilizadores já tinham experimentado um *eye tracker*. Além dos 19 utilizadores que concluíram a experiência, 5 pessoas não completaram com sucesso o processo de calibração do *eye tracker* usado (*TheEyeTribe*)² e, por isso, não realizaram a experiência. Estes utilizadores usavam óculos e sofriam de astigmatismo ou miopia acima de 5 dioptrias. Dos 19 utilizadores que realizaram a experiência, 9 (47,4%) apresentavam pelo menos uma deficiência visual e 6 (31,6%) usavam óculos ou lentes de contacto.

²theeyetribe.com/

4.3.1 Análise dos Resultados

A Tabela 4.2 apresenta um resumo dos resultados dos testes com utilizadores. Nesta tabela apresentamos, para cada técnica de interação, a média do tempo de seleção dos 30 links pedidos, o número de falhas ocorridas (totais e por utilizador) e a média do *SUS score* atribuído pelos utilizadores.

	<i>Rato</i>	<i>Actigaze</i>	<i>EyeLinks</i>
Tempo seleção (média para 30 links)	98,6 ± 25,8s	186,6 ± 39,6s	163,5 ± 38,8s
Tempo seleção (média por link)	3,29 ± 0,86s	6,22 ± 1,32s	5,45 ± 1,29s
Falhas (total)	5 (0,9%)	51 (8,9%)	26 (4,6%)
Falhas (média)	0,26 ± 0,56	2,68 ± 1,34	1,37 ± 1,12
<i>SUS</i> (média)	90 ± 10,1	64,2 ± 20	77,2 ± 13,1

Tabela 4.2: Sumário dos tempos de seleção, falhas e *SUS score* (*System Usability Scale*).

Os resultados mostram que o rato é a técnica de interação com menores tempos de seleção, menos falhas e com melhor usabilidade. É importante notar que cada uma das variáveis em estudo é dependente das condições do teste, por exemplo, o tempo de seleção por link inclui o tempo de carregamento de página, o tempo que o coordenador demora a indicar o link a seleccionar e o tempo que o utilizador demora a localizá-lo. Podemos também observar que tanto o tempo médio de seleção dos 30 links como as falhas ocorridas, são inferiores no *EyeLinks*, em comparação com o *Actigaze*. Além disso, a média dos resultados indicados pelo questionário *SUS*, indica que a usabilidade da solução *EyeLinks* é superior ao *Actigaze*. No entanto, para cada técnica de interação e em todas as variáveis em estudo, existe um desvio padrão bastante elevado, que sugere alguma dispersão dos resultados. Por esta razão, as médias apresentadas podem ser pouco rigorosas para determinar se o *EyeLinks* obteve, de facto, um desempenho superior ao *Actigaze*.

Neste sentido, para determinar em torno de que valor se situam os vários resultados da amostra, analisamos a mediana dos mesmos. A Figura 4.3, apresenta o diagrama de extremos e quartis para o tempo de seleção dos 30 links, usando cada uma das técnicas de interação.

O diagrama permite-nos verificar que a mediana dos tempos de seleção para o rato (95,85 segundos) e para o *EyeLinks* (163,63 segundos) está muito perto das respetivas médias anteriormente determinadas (Tabela 4.2), embora se possa observar a existência de um *outlier* no *EyeLinks*. No entanto, a mediana da solução *Actigaze* (173,5 segundos) é consideravelmente inferior à sua média (186,6 segundos). Esta situação indica que os tempos de seleção se encontram mais próximos dos 173,5 segundos, mas que, embora não existam *outliers*, alguns utilizadores obtiveram tempos de seleção excessivos que aumentam o valor da média.

Outra importante variável medida para avaliar o desempenho das técnicas de interação, é o número de falhas ocorridas em cada teste. O diagrama de extremos e quartis da Figura

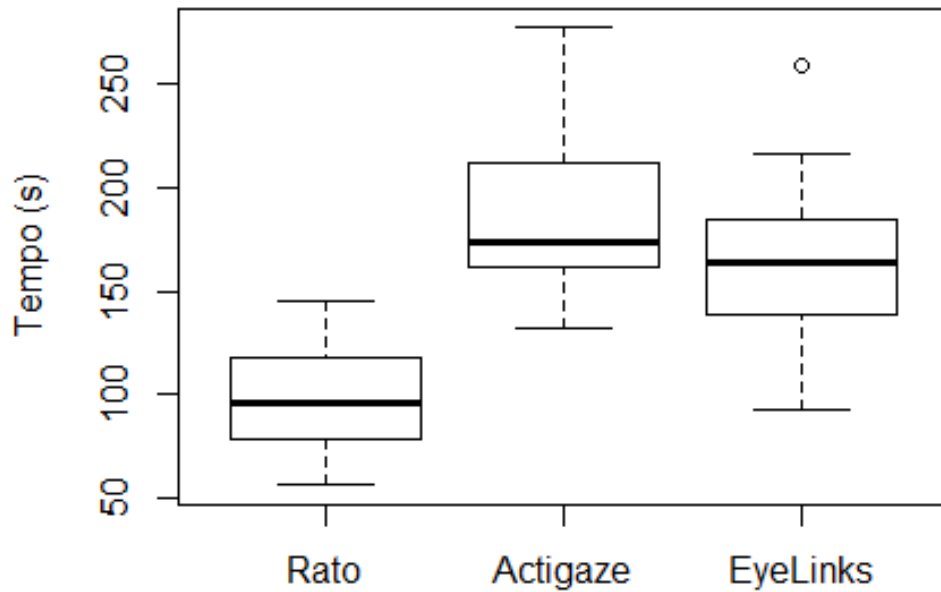


Figura 4.3: Diagrama de extremos e quartis para o tempo de seleção de 30 links, através do rato, *Actigaze* e *EyeLinks*.

4.4, indica que para o rato, o número de testes com 0 falhas é de tal forma representativo do conjunto de resultados, que testes com 1 ou 2 falhas são considerados *outliers*. Podemos também observar como estão distribuídas as falhas para o *EyeLinks* e *Actigaze*, onde as suas medianas são 1 e 2, respetivamente.

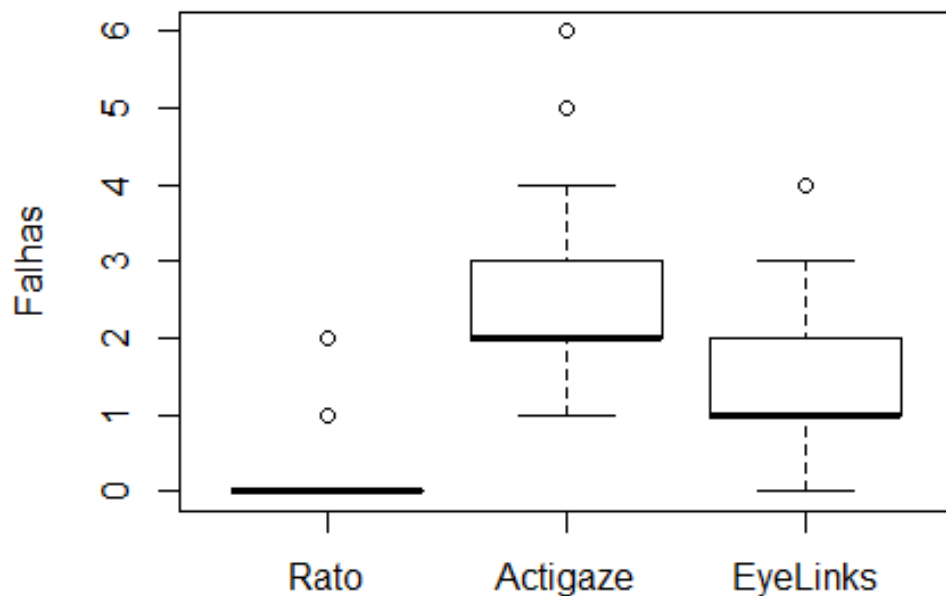


Figura 4.4: Diagrama de extremos e quartis do número de falhas por utilizador, para o rato, *Actigaze* e *EyeLinks*.

Quanto ao grau de usabilidade atribuído pelos utilizadores a cada técnica de interação, apresentamos na Figura 4.5, o diagrama de extremos e quartis do *SUS score*. A mediana para o rato encontra-se nos 92,5, um valor idêntico mas ligeiramente superior à sua média (Tabela 4.2). A mediana do *Actigaze* situa-se nos 67,5, valor superior à sua média, enquanto que a mediana do *EyeLinks* é de 75, valor inferior à sua média. Os valores destas medianas são interessantes porque revelam uma aproximação do grau de usabilidade do *Actigaze* ao *EyeLinks*.

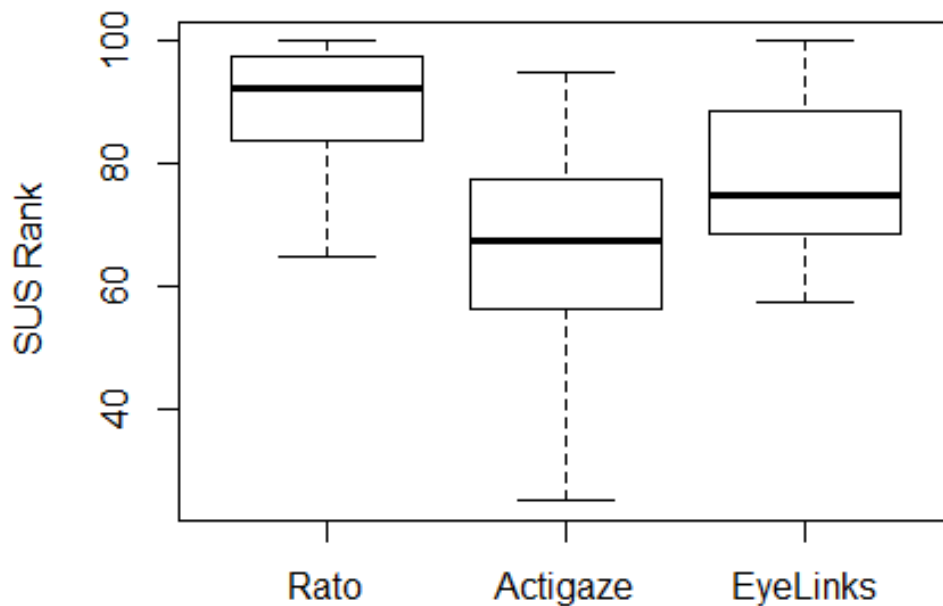


Figura 4.5: Diagrama de extremos e quartis do *SUS score*, para o rato, *Actigaze* e *EyeLinks*.

Como vimos, embora existam diferenças nos resultados das três técnicas, não podemos tirar conclusões analisando apenas médias e medianas, pois os valores são demasiado próximos. Por esta razão, é necessário verificar se as diferenças entre os resultados de cada técnica são, estatisticamente, significativas, através da aplicação de testes estatísticos.

4.3.2 Testes à Normalidade

Para aplicar testes estatísticos com elevada precisão, é necessário que os dados sigam uma distribuição normal. Como a amostra é de apenas 19 utilizadores, é necessário verificar se os resultados provêm de uma população que apresenta uma distribuição normal. Para tal, analisamos os histogramas de cada variável em estudo (tempo de seleção de links, número de falhas e *SUS score*) e recorremos a testes de *Shapiro-Wilk*.

Tempo de Seleção de Links

A Figura 4.6 apresenta os histogramas do tempo de seleção de links, através das três técnicas de interação (rato, *Actigaze* e *EyeLinks*).

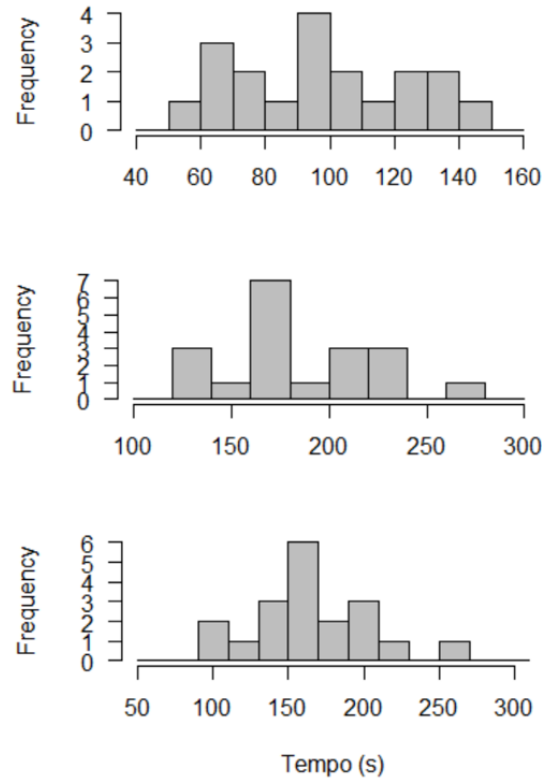


Figura 4.6: Histogramas do tempo de seleção de links, das três técnicas de interação (de cima para baixo: rato, *Actigaze* e *EyeLinks*).

Uma observação aos três histogramas, sugere que os tempos estão normalmente distribuídos. Para concretizar os testes à normalidade desta variável, enunciamos as seguintes hipóteses:

- **Hipótese H_0 :** A variável de tempo de seleção de links encontra-se normalmente distribuída;
- **Hipótese H_1 :** A variável de tempo de seleção de links não está normalmente distribuída;

A Tabela 4.3 indica os resultados do teste de *Shapiro-Wilk* à variável de tempo de seleção de links. Analisando a tabela, observamos que $\rho > 0,05$ para cada uma das técnicas, por isso, falhamos a rejeição da hipótese nula (H_0). Por esta razão, concluímos que os tempos de seleção de links assumem uma distribuição normal.

Técnica	ρ value
Rato	0,5957
Actigaze	0,389
EyeLinks	0,8275

Tabela 4.3: Valor ρ para o tempo de seleção de links de cada uma das técnicas.

Número de Falhas

A Figura 4.7 apresenta os histogramas do número de falhas na seleção, através das três técnicas de interação.

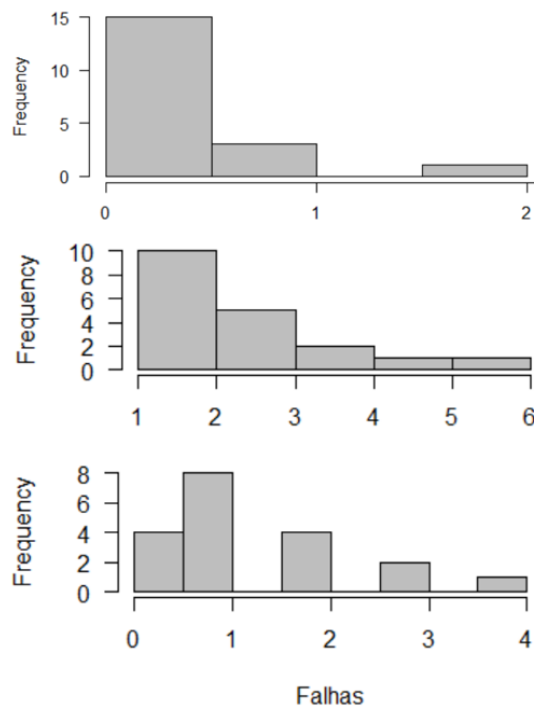


Figura 4.7: Histogramas do número de falhas, das três técnicas de interação (de cima para baixo: rato, *Actigaze* e *EyeLinks*).

Observando os três histogramas, não parece existir uma distribuição normal do número de falhas. Para concretizar os testes à normalidade desta variável, enunciamos as seguintes hipóteses:

- **Hipótese H_0 :** A variável do número de falhas encontra-se normalmente distribuída;
- **Hipótese H_1 :** A variável do número de falhas não está normalmente distribuída;

A Tabela 4.4 indica os resultados do teste de *Shapiro-Wilk* à variável do número de falhas. Analisando a tabela, observamos que $\rho < 0,05$ para cada uma das técnicas, por isso, rejeitamos a hipótese nula (H_0). Por esta razão, concluímos que a variável do número de falhas não está normalmente distribuída.

Técnica	ρ value
Rato	$1,076 \times 10^{-6}$
Actigaze	0,03556
EyeLinks	0,0271

Tabela 4.4: Valor ρ para a variável de número de falhas de cada uma das técnicas.

SUS Score

A Figura 4.8 apresenta os histogramas do *SUS score*, atribuído por cada utilizador a cada técnica de interação.

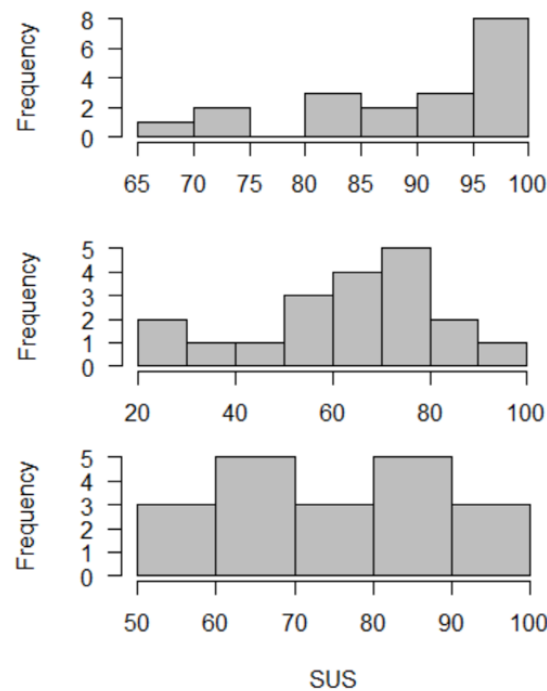


Figura 4.8: Histogramas do *SUS score* de cada técnica de interação (de cima para baixo: rato, Actigaze e EyeLinks).

Analisando os três histogramas, percebemos que o rato não sugere uma distribuição normal do *SUS score*. Para concretizar os testes à normalidade desta variável, enunciamos as seguintes hipóteses:

- **Hipótese H_0 :** A variável do *SUS score* encontra-se normalmente distribuída;
- **Hipótese H_1 :** A variável do *SUS score* não está normalmente distribuída;

A Tabela 4.5 indica os resultados do teste de *Shapiro-Wilk* a esta variável. Analisando a tabela, observamos que $\rho > 0,05$ para o *Actigaze* e *EyeLinks*, no entanto, $\rho < 0,05$ para o rato. Por esta razão, rejeitamos a hipótese nula (H_0) e concluímos que a variável do *SUS score* não está normalmente distribuída.

Técnica	ρ value
Rato	0,01279
Actigaze	0,3833
EyeLinks	0,3938

Tabela 4.5: Valor ρ para a variável *SUS score* de cada uma das técnicas.

4.3.3 Tempo de Seleção de Links

Os resultados dos testes de normalidade descritos na subsecção anterior, têm implicações na forma como lidamos com cada variável. Para analisar os dados de cada variável, podemos realizar testes paramétricos ou testes não paramétricos. Os primeiros, mais potentes, permitem encontrar mais diferenças entre os dados, quando essas diferenças existem. No entanto, os testes paramétricos para amostras com dimensão inferior a 30, exigem uma distribuição normal dos dados. Neste sentido, estamos em condições de realizar este tipo de teste apenas para a variável de tempos de seleção por link, dado que apresenta uma distribuição normal e a experiência foi realizada por 19 utilizadores.

Análise de Variância (ANOVA)

No caso de uma distribuição normal, faz sentido analisar as médias de uma variável, por isso, podemos fazer uma análise de variância para o tempo de seleção de links de cada técnica. Para esta variável aplicamos uma *One-Way Repeated Measures ANOVA*, dado que cada utilizador realizou o mesmo teste para as três técnicas diferentes. A análise de variância permite-nos determinar se existe, de facto, diferenças significativas nas médias do tempo de seleção de links de cada técnica de interação. Com esta análise procuramos perceber se uma pequena variação durante os testes implica uma grande alteração dos resultados e, por isso, pretendemos saber qual o grau de confiança que temos nos resultados da nossa amostra. A probabilidade ρ da amostra nos induzir em erro, não pode ser superior a 5%, ou seja, $\rho < 0,05$. Neste caso, podemos afirmar com 95% de confiança que estamos perante um resultado significativo (representativo da população).

Para a variável de tempo de seleção de links, definimos então, duas hipóteses diferentes e exclusivas:

- **Hipótese H_0 :** Não há diferença entre as médias do tempo de seleção de links;
- **Hipótese H_1 :** Há pelo menos uma diferença entre as médias do tempo de seleção de links;

Os resultados desta análise de variância dão-nos um valor de $\rho = 2,57 \simeq 10^{-10}$. Como este valor é inferior a 0,05 e extremamente significativo (menor que 0,001), podemos afirmar com 99,9% de confiança, que existe pelo menos uma diferença entre as médias dos tempos de seleção de links de cada uma das técnicas, para $F(2, 36) \simeq 43,38$

(em que $df_{between} = 2$ e $df_{error} = 36$). Estamos, portanto, em condições de refutar a hipótese nula (H_0).

Pairwise t-Test

Na análise de variância anterior verificámos que existem diferenças significativas nas médias do tempo de seleção de links das três técnicas. Para determinar entre que técnicas existem estas diferenças, fizemos um *pairwise t-test*.

A Tabela 4.6 apresenta o valor ρ ajustado (ρ_{adj}) pelo método “bonferroni”, depois da aplicação do *pairwise t-test* à variável em estudo.

Pares	ρ_{adj}
<i>Actigaze-Rato</i>	$4,4 \times 10^{-9}$
<i>EyeLinks-Rato</i>	$2,8 \times 10^{-6}$
<i>EyeLinks-Actigaze</i>	0,22

Tabela 4.6: Valores de ρ_{adj} para a variável de tempo de seleção de links, após aplicação de um *pairwise t-test*.

Analisando a tabela, podemos observar que para os pares *Actigaze-Rato* e *EyeLinks-Rato*, temos $\rho_{adj} < 0,001$. Podemos então afirmar que, com 99,9% de confiança, existe, estatisticamente, uma diferença significativa na média de tempo de seleção de links com o rato em relação ao *Actigaze* e *EyeLinks*. No entanto, na comparação entre este par de soluções (*EyeLinks-Actigaze*), como $\rho_{adj} = 0,22$, temos que $\rho_{adj} > 0,05$. Por esta razão, concluímos que não existe, estatisticamente, uma diferença significativa nas médias do tempo de seleção de links destas duas soluções.

4.3.4 Número de Falhas

Como vimos, os testes de *Shapiro-Wilk* para a normalidade de dados, revelaram que a variável de número de falhas não apresenta uma distribuição normal. Para analisar este tipo de variáveis, usamos testes não paramétricos.

Teste de *Friedman*

Um exemplo de teste não paramétrico é o teste de *Friedman*, que aplicámos à variável de número de falhas de cada uma das técnicas.

Para realizar o teste de *Friedman*, enunciamos as seguintes hipóteses:

- **Hipótese H_0 :** Não há diferença entre o número de falhas de cada técnica;
- **Hipótese H_1 :** Há pelo menos uma diferença entre o número de falhas de cada técnica;

O resultado deste teste, indica-nos que $\rho = 4,536 \times 10^{-7}$, logo $\rho < 0,001$. Por esta razão, podemos afirmar com 99,9% de confiança, que existe, estatisticamente, pelo menos uma diferença entre o número de falhas de cada técnica. Rejeitamos, por isso, a hipótese nula (H_0).

Post-Hoc Nemenyi Test

O teste de *Friedman* à variável de número de falhas, permitiu-nos verificar que existem diferenças significativas entre cada técnica. Para determinar entre que técnicas existem estas diferenças, fizemos um teste *post-hoc Nemenyi* a esta variável.

A Tabela 4.7 apresenta o valor ρ ajustado (ρ_{adj}), depois da aplicação deste teste à variável de número de falhas.

Pares	ρ_{adj}
<i>Actigaze-Rato</i>	$1,5 \times 10^{-6}$
<i>EyeLinks-Rato</i>	0,016
<i>EyeLinks-Actigaze</i>	0,06

Tabela 4.7: Valores de ρ_{adj} para a variável de número de falhas, após a aplicação do *post-hoc Nemenyi test*.

Analisando a tabela, podemos observar que, para o par *Actigaze-Rato*, temos $\rho_{adj} = 1,5 \times 10^{-6}$. Como $\rho_{adj} < 0,001$, podemos afirmar, com 99,9% de confiança, que existe, estatisticamente, uma diferença significativa no número de falhas com o rato em relação ao *Actigaze*. Esta diferença é também significativa, com 95% de confiança, em relação ao *EyeLinks*, porque para este par (*EyeLinks-Rato*), temos $\rho_{adj} = 0,016$, e por isso, $\rho_{adj} < 0,05$. Por último, o par *EyeLinks-Actigaze*, mostra-nos que $\rho_{adj} = 0,06$, e como $\rho_{adj} > 0,05$, podemos concluir que, estatisticamente, não existe uma diferença significativa no número de falhas entre estas duas soluções.

4.3.5 SUS Score

A variável *SUS score*, tal como o número de falhas, não assume uma distribuição normal. Por esta razão, para analisar esta variável, fizemos o mesmo teste não paramétrico, o teste de *Friedman*.

Teste de *Friedman*

Para realizar o teste de *Friedman* para a variável de *SUS score* atribuído por cada utilizador, enunciamos as seguintes hipóteses:

- **Hipótese H_0 :** Não há diferença entre o *SUS score* de cada técnica;
- **Hipótese H_1 :** Há pelo menos uma diferença entre o *SUS score* de cada técnica;

O resultado deste teste, indica-nos que $\rho \simeq 0,0001$, logo $\rho < 0,001$. Por esta razão, podemos afirmar com 99,9% de confiança, que existe, estatisticamente, pelo menos uma diferença entre o *SUS score* de cada técnica. Rejeitamos, por isso, a hipótese nula (H_0).

Post-Hoc Nemenyi Test

O teste de *Friedman* à variável *SUS score*, permitiu-nos verificar que existem diferenças significativas entre cada técnica. Para determinar entre que técnicas existem estas diferenças, fizemos um teste *post-hoc Nemenyi* a esta variável.

A Tabela 4.8 apresenta o valor ρ ajustado (ρ_{adj}), depois da aplicação deste teste à variável *SUS score*.

Pares	ρ_{adj}
<i>Actigaze-Rato</i>	$7,3 \times 10^{-5}$
<i>EyeLinks-Rato</i>	0,026
<i>EyeLinks-Actigaze</i>	0,236

Tabela 4.8: Valores de ρ_{adj} para a variável *SUS score*, após a aplicação do *post-hoc Nemenyi test*.

Analisando a tabela, podemos observar que, para o par *Actigaze-Rato*, temos $\rho_{adj} = 7,3 \times 10^{-5}$. Como $\rho_{adj} < 0,001$, podemos afirmar, com 99,9% de confiança, que existe, estatisticamente, uma diferença significativa no *SUS score* do rato em relação ao *Actigaze*. Esta diferença é também significativa, com 95% de confiança, em relação ao *EyeLinks*, porque para este par (*EyeLinks-Rato*), temos $\rho_{adj} = 0,026$, e por isso, $\rho_{adj} < 0,05$. Por último, o par *EyeLinks-Actigaze*, mostra-nos que $\rho_{adj} = 0,236$, e como $\rho_{adj} > 0,05$, podemos concluir que, estatisticamente, não existe uma diferença significativa no *SUS score* destas duas soluções.

4.4 Questionários de Satisfação

Para avaliar o grau de usabilidade do *Actigaze* e do *EyeLinks*, além das variáveis quantitativas que recolhemos durante cada experiência, é importante perceber a opinião dos utilizadores sobre estas duas soluções. Nesta secção, fazemos a análise das respostas dos utilizadores aos questionários preenchidos depois de realizadas as tarefas de seleção de links (Apêndice B).

Como vimos, os resultados dos questionários *SUS*, indicam que os utilizadores preferem o *EyeLinks* face ao *Actigaze*, ainda que esta diferença não seja significativa, em termos estatísticos. A análise aos questionários pós-tarefa, tem como objetivo perceber se, para questões mais específicas de usabilidade, é possível reforçar os resultados dos questionários *SUS*. Além disso, apesar de se esperar que o rato seja a técnica de interação pre-

ferida pelos utilizadores, fazemos algumas comparações com as duas técnicas de interação com o olhar.

Para avaliar o grau de satisfação de cada utilizador, recorremos a escalas de Likert para a resposta a algumas das questões dos questionários. Para a afirmação “Achei fácil familiarizar-me com o protótipo numérico.”, usamos a escala da Figura 4.9.

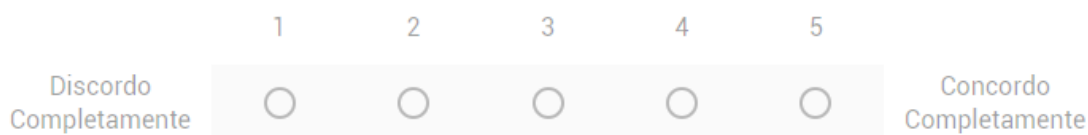


Figura 4.9: Escala usada nos questionários pós-tarefa, para medir o grau de concordância com uma afirmação.

A Figura 4.10, mostra-nos o diagrama de extremos e quartis para os dados resultantes da resposta a esta questão.

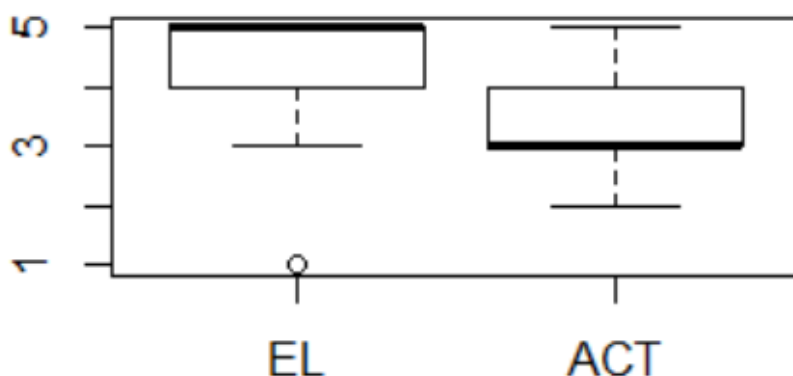


Figura 4.10: Diagrama de extremos e quartis para a facilidade de familiarização com as soluções *EyeLinks*, à esquerda, e *Actigaze*, à direita.

Podemos observar por este diagrama, que tanto a média como a mediana das respostas para o *EyeLinks* é muito superior às respostas para o *Actigaze*. A mediana do *EyeLinks* situa-se no valor máximo (5) e a média no valor 4,421, o que significa que os utilizadores facilmente ficam familiarizados com a nossa solução.

Para a pergunta “Como compara a facilidade de utilização do protótipo numérico face ao rato?” verificámos que 57% dos utilizadores considera o *EyeLinks* pior que o rato. Para este grupo de utilizadores, a principal razão da sua escolha deve-se ao cansaço para um período de interação longo. Para esta questão temos que 36,8% dos utilizadores considera a facilidade de uso do *EyeLinks* semelhante à do rato, principalmente devido à pouca complexidade no processo de seleção e aos reduzidos tempos e falhas na seleção da nossa solução. Apenas 1 utilizador considerou o *EyeLinks* mais fácil de utilizar que o rato, por

não ser necessário operar qualquer dispositivo para a seleção de links. Esta questão, aplicada ao *Actigaze*, revela-nos que 73,7% dos utilizadores considera mais difícil a utilização desta solução em comparação com o rato, devido ao cansaço inerente a um processo de seleção complexo e propenso a erros de seleção. No entanto, 21,1% dos utilizadores considera a facilidade de utilização semelhante ao rato, principalmente porque consideram próximos os tempos de seleção de links. Tal como para o *EyeLinks*, apenas um utilizador considerou o *Actigaze* mais fácil de utilizar que o rato, pela mesma razão de não ser necessário operar nenhum dispositivo durante a interação.

Numa questão de comparação direta entre as duas soluções de interação com o olhar, 78,9% dos utilizadores considerou mais fácil a utilização do *EyeLinks*.

Para a questão “O tempo de fixação necessário para o aparecimento de identificadores adjacentes a links”, 52,6% dos utilizadores considerou este tempo de 500 milissegundos adequado (opção 3 na escala da Figura 4.11). Apenas 1 utilizador considerou este tempo muito reduzido. A mesma questão, aplicada ao *Actigaze* (neste caso considera-se o aparecimento de cores, em vez de números), revela que apenas 36,8% dos utilizadores considerou adequado o tempo de 500 milissegundos. Este resultado sugere que para uma seleção mais satisfatória através do *Actigaze*, seriam necessários tempos de aparecimento de cores mais longos, dado que 52,6% dos utilizadores considerou este tempo reduzido ou muito reduzido.

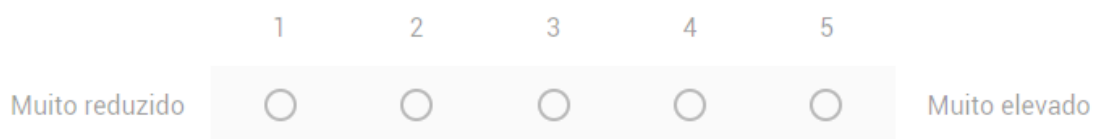


Figura 4.11: Exemplo de uma escala de Likert para medir algumas características das soluções.

Numa questão de resposta aberta, para saber quais as dificuldades na utilização do *EyeLinks*, obtivemos as seguintes situações:

- Detecção de links um pouco lenta e pouco precisa;
- Seleção do botão de retroceder mais do que uma vez, sem intenção;
- Cansaço ocular numa interação longa;
- *Scroll* faz com que se perca o ponto em que se ficou;

Apesar destas dificuldades, a principal razão para a ocorrência de erros e tentativas falhadas na seleção foi, para 73,7% dos utilizadores, a instabilidade provocada pela imprecisão do *eye tracker*.

As principais dificuldades na utilização do *Actigaze* foram as seguintes:

- Dificuldade em perceber o tempo de fixação necessário para a seleção;
- Disposição confusa das cores;
- Dificuldade em memorizar a disposição das cores;
- Algumas cores não são facilmente distinguíveis;

Alguns utilizadores referiram também as dificuldades que este protótipo representa para pessoas daltónicas.

Para saber a opinião dos utilizadores quanto às características mais importantes do *EyeLinks*, colocámos algumas questões sobre as decisões de desenho da técnica. De acordo com a escala da Figura 4.9, 73,7% dos utilizadores concordam que as barras laterais são discretas e não causam distrações. No entanto, os restantes utilizadores consideram que estas barras e os seus botões têm um tamanho exagerado. Quanto à posição da barra de *feedback* no topo de cada botão de confirmação, apenas 1 utilizador considera que a totalidade do botão deveria alterar de cor.

No *EyeLinks*, apesar dos identificadores numéricos sobreporem ligeiramente os links, apenas 1 utilizador referiu ter dificuldade na visibilidade dos mesmos. Quanto ao tempo de fixação para a seleção de um botão (500 milissegundos) 57,9% dos utilizadores consideraram este tempo adequado, enquanto que apenas 10,5% considerou o tempo demasiado rápido. Nenhum utilizador considerou este tempo muito elevado. Quanto à possibilidade de mostrar um cursor durante a interação, 52,6% dos utilizadores considera que atrapalharia a seleção de botões.

Para o melhoramento do *EyeLinks*, destacamos as seguintes sugestões apontadas pelos utilizadores numa questão de resposta aberta:

- Implementar uma solução de *scroll* idêntica ao *Actigaze* (*auto-scrolling*);
- Quando o número de links detetado é reduzido, aumentar a distância entre os botões de confirmação, para evitar uma seleção involuntária;
- Tornar os botões de confirmação estáticos, para evitar desvios de atenção durante a navegação;

Quanto a funcionalidades que o utilizador gostaria de ver implementadas no futuro, numa questão que permite várias respostas (*checkboxes*), 73,7% dos utilizadores gostaria de introduzir texto usando o olhar e selecionar todo o tipo de links possível na web. Além disso, 52,6% dos utilizadores gostariam de usar atalhos como o *Ctrl + C/V* e ampliar o conteúdo das páginas web, enquanto que 36,8% gostaria de poder adicionar páginas aos favoritos usando o olhar.

Por último, 89,5% dos utilizadores considera a interação com o olhar uma alternativa viável ao rato, principalmente no domínio da acessibilidade. Além disso, 26,3% dos

utilizadores considera a interação com o olhar útil para situações multi-tarefa ou mesmo para uso quotidiano. Todos os utilizadores indicaram que gostariam de usar o *EyeLinks* novamente.

4.5 Discussão e Implicações

Com a realização de testes ao *EyeLinks* e respetiva análise de resultados, conseguimos obter uma perceção do desempenho desta solução em relação ao rato e, sobretudo, ao *Actigaze*, a técnica de interação com o olhar mais interessante, de entre as estudadas.

Através de diversas análises estatísticas aos resultados dos testes, comparámos três importantes variáveis (tempo de seleção de links, número de falhas e *SUS score*) que influenciam o desempenho de cada uma das três técnicas de interação (rato, *Actigaze* e *EyeLinks*). Os resultados dos testes estatísticos indicam-nos que, para o grau de confiança estabelecido ($\alpha = 0,05$), existem diferenças significativas nas três variáveis para o rato em relação às outras técnicas, devido ao elevado grau de habituação dos utilizadores. Sendo estes resultados naturalmente esperados, a existência de uma comparação entre o *EyeLinks* e *Actigaze* tornou-se bastante importante, para determinar qual das soluções pode competir com o rato e, principalmente, tornar-se numa técnica de referência para a interação com o olhar.

Para a comparação entre o *EyeLinks* e o *Actigaze*, os testes estatísticos indicam-nos que não existe uma diferença significativa em nenhuma das três variáveis analisadas. No entanto, para o número de falhas, observámos que, para um grau de confiança de 0,06, podemos afirmar (com 94% de confiança) que existe uma diferença significativa entre estas duas soluções. De facto, o número total de falhas do *Actigaze* na nossa amostra é duas vezes maior que o número de falhas do *EyeLinks*. Esta variável tem um peso muito importante no desempenho de qualquer técnica de interação, por isso, consideramos que estes resultados ajudam a provar que o *EyeLinks* é uma melhor alternativa face ao *Actigaze*, no contexto de interação com o olhar. Apesar de não ser possível provar, estatisticamente, uma diferença significativa nas outras variáveis, tanto o tempo de seleção de links, como o *SUS score* apresentam também melhores resultados na nossa solução. Além disso, é importante notar que devido ao número de testes realizados, apenas foi feito um teste estatístico com bastante precisão à variável de tempo de seleção de links, por apresentar uma distribuição normal. Para uma experiência com mais de 30 utilizadores, a distribuição de cada variável tende a ser normal, permitindo aplicar testes mais precisos (paramétricos) e, potencialmente, detetar uma diferença significativa para as variáveis de número de falhas e *SUS score*, do *EyeLinks* e *Actigaze*.

Os dados estatísticos foram confirmados por 2 questionários feitos a cada utilizador, onde ficou claro, por exemplo, a facilidade de familiarização dos utilizadores com o *EyeLinks*, em comparação com o *Actigaze*. Além disso, uma parte considerável de utili-

zadores considerou que o *EyeLinks* é tão fácil de utilizar como o rato. Os resultados destes questionários mostram também que a maioria dos utilizadores aprova o desenho da nossa solução e critica o *Actigaze*, não só pela identificação através de cores (que provoca dificuldades especialmente a daltónicos), como também pelo *feedback* inadequado do processo de seleção.

Além dos resultados positivos de todos os testes realizados, o *EyeLinks* apresenta, face ao *Actigaze*, outra vantagem significativa: o facto de ser concebido para funcionar na generalidade das páginas web (Tabela 4.9). Todos estas vantagens evidenciadas por esta fase de análise de resultados, mostram que o *EyeLinks* é superior ao *Actigaze* e pode ser considerado como uma técnica viável para a interação com o olhar.

	<i>Dwell</i>	<i>ASE</i>	<i>Actigaze</i>	<i>EyeLinks</i>
Links textuais	✓	✓	✓	✓
Símbolos				✓
Imagens clicáveis	✓	✓		✓
<i>Hovers</i>	✓			✓
Botões	✓	✓		✓

Tabela 4.9: Tipos de links suportados por cada técnica, incluindo o *EyeLinks*.

4.6 Síntese

Neste capítulo, analisámos o desempenho do *EyeLinks* de acordo com os resultados de uma experiência a 19 utilizadores. Precedida de testes preliminares e testes piloto, esta experiência consistiu na seleção de uma sequência de links numa página web, através do rato, do *EyeLinks* e do *Actigaze*. A experiência permitiu a recolha de três variáveis quantitativas, com o objetivo de medir o desempenho de cada técnica de interação. Cada variável (tempo de seleção de links, número de falhas e *SUS score*) foi analisada e avaliada através de vários testes estatísticos.

Em primeiro lugar analisámos os valores que recolhemos da nossa amostra e apresentámos as médias, desvios padrão e medianas de cada variável, medida para cada técnica. A observação destes resultados permitiu concluir que o rato foi a técnica de interação com melhor desempenho e que todos os valores indicam superioridade do *EyeLinks* em relação ao *Actigaze*.

Apesar disso, como a experiência não foi realizada a um número consideravelmente grande de utilizadores e como a amostra pode não ser representativa de uma população, aplicámos testes estatísticos a cada uma das variáveis em estudo. Estes testes permitiram-nos determinar se existem, de facto, diferenças significativas nos valores de cada variável entre as três técnicas e, por isso, procurámos aplicar testes com bastante precisão (pa-

ramétricos). Para tal, verificámos se as três variáveis assumiam uma distribuição normal dos dados. Os testes à normalidade de *Shapiro-Wilk* indicaram que apenas uma das variáveis (tempo de seleção de links) apresenta uma distribuição normal. Como tal, para esta variável, fizemos uma análise de variância adequada ao tipo de experiência que conduzimos, uma *One-Way Repeated Measures ANOVA*. Esta análise, seguida de um *pairwise t-test*, permitiu-nos concluir que, para esta variável, não existe, estatisticamente, uma diferença significativa entre o *EyeLinks* e o *Actigaze* (para um grau de confiança previamente definido). Deste modo, para as restantes variáveis, aplicámos testes de *Friedman*, seguidos de testes *post-hoc Nemenyi*. Aqui, foi possível concluir que também não existem, estatisticamente, diferenças significativas nas duas variáveis para as duas soluções.

Para reforçar os resultados recolhidos da amostra, analisámos, por último, dois questionários preenchidos por cada utilizador depois da sua experiência. Estes questionários permitiram expor alguns problemas significantes da solução *Actigaze*, ao mesmo tempo que o desenho e características do *EyeLinks* foi aprovado pela maioria dos utilizadores. Neste sentido, os resultados revelaram uma clara preferência dos utilizadores pela solução *EyeLinks*, para a navegação em páginas web usando o olhar.

Capítulo 5

Conclusões e Trabalho Futuro

Neste capítulo apresentamos as conclusões finais e as contribuições do nosso trabalho. Apresentamos também algumas limitações da solução que desenvolvemos e sugerimos alguns aspetos a melhorar no *EyeLinks*, no futuro.

5.1 Sumário da Dissertação

Neste trabalho propusemos o *EyeLinks*, uma técnica de interação usando o olhar capaz de permitir a navegação em páginas web de forma eficaz, eficiente e cómoda aos utilizadores.

No Capítulo 2 fizemos uma breve introdução sobre o tema da interação usando o olhar e apontamos as suas vantagens e desvantagens. De seguida, apresentamos técnicas de seleção de links e de desenho de interface que procuram contornar, principalmente, o problema da imprecisão dos *eye trackers*. Estas técnicas são aplicadas em várias soluções para navegação em páginas web usando o olhar, que revelam várias limitações, nomeadamente no suporte à seleção de diversos tipos de links. Além disso, a maioria destas soluções baseia-se na seleção direta de links (por fixação), provocando erros na seleção devido à imprecisão do *eye tracker*. O *EyeLinks* foi desenvolvido tendo em conta não só estas limitações, mas também as características interessantes de algumas soluções, como o *Actigaze* e o *ASE*.

No Capítulo 3 descrevemos a nossa solução, que tem por base algumas características destas duas soluções. A técnica permite a navegação livre em qualquer página, evitando o problema de Midas (seleção accidental de links). Conseguimos também evitar os problemas de imprecisão dos *eye trackers*, através da seleção indireta de links (em botões de grandes dimensões) e de um desenho baseado em duas fixações (*two-step fixation*). A correspondência numérica entre links e botões revelou-se uma forma natural e eficiente para o reconhecimento e seleção de botões, tornando o processo de seleção rápido e pouco propenso a erros.

No Capítulo 4 apresentamos a avaliação experimental da técnica proposta, que consistiu num teste com 19 utilizadores para medir o desempenho do *EyeLinks*. Antes desta

experiência, foram realizados testes preliminares e testes piloto à solução, de modo a definir alguns parâmetros importantes do protótipo. Os testes realizados aos utilizadores permitiram avaliar o desempenho do *EyeLinks* através de três variáveis, tempo de seleção de links, número de falhas ocorridas e um *ranking* atribuído por um questionário de usabilidade SUS. Estas três variáveis foram medidas para o rato, para o *EyeLinks* e para o *Actigaze*, a técnica que considerámos mais interessante de entre as estudadas. Os resultados da amostra indicaram-nos um desempenho superior do *EyeLinks* face ao *Actigaze*, para as três variáveis analisadas. Realizámos também testes estatísticos a estas variáveis, de modo a perceber se os resultados obtidos eram representativos de uma população. Conseguimos concluir que, com 94% de confiança, o número de falhas do *EyeLinks* é significativamente diferente face ao *Actigaze*. As outras variáveis, apesar de não registarem uma diferença significativa (estatisticamente), apresentaram melhores resultados. A partir de dois questionários de satisfação verificámos que os utilizadores preferem o *EyeLinks*, por apresentar um melhor processo de seleção de links (uso de números) e por ser mais fácil de aprender e utilizar.

5.2 Contribuições e Limitações

No final desta dissertação, temos uma técnica de interação com o olhar que cumpre os requisitos definidos no início deste trabalho. Conseguimos, com sucesso, concretizar uma técnica que suporta a seleção com o olhar da generalidade de links na web, com um desenho não intrusivo, ou seja, que não altera significativamente a interface das páginas. O *EyeLinks* funciona também com qualquer *eye tracker* e assim, qualquer pessoa pode testar e melhorar esta técnica.

No entanto, o *EyeLinks* apresenta ainda, algumas limitações. Alguns links pouco comuns não são detetados pelo algoritmo de atribuição de identificadores e por isso, não podem ser selecionados.

5.3 Trabalho Futuro

Para trabalho futuro, pensamos que devem ser implementadas técnicas que permitam realizar outras funções de navegação na web, usando o olhar. Um exemplo é a entrada de texto, uma parte importante da navegação em páginas web. Desde o início deste trabalho que reconhecemos a importância desta funcionalidade e por isso, no Capítulo 2.2, falámos um pouco sobre este tema. O uso de um teclado virtual, por exemplo, através do *context switching* ou através de pie menus, são hipóteses para concretizar esta funcionalidade na nossa solução. No entanto, consideramos que a prioridade são os melhoramentos quanto à variedade de links suportados. De facto, quanto maior este suporte, mais próxima fica a nossa técnica em relação à usabilidade do rato.

Bibliografia

- [1] Kiyohiko Abe, Kosuke Owada, Shoichi Ohi, and Minoru Ohyama. A system for web browsing by eye-gaze input. *Electronics and Communications in Japan*, 91(5):11–18, may 2008.
- [2] Anke Huckauf and Mario H. Urbina. On object selection in gaze controlled environments. *Journal of Eye Movement Research*, 2(4):4, 2008.
- [3] Behrooz Ashtiani and I. Scott MacKenzie. Blinkwrite2: an improved text entry method using eye blinks. In Carlos Hitoshi Morimoto, Howell O. Istance, Aulikki Hyrskykari, and Qiang Ji, editors, *Proceedings of the 2010 Symposium on Eye-Tracking Research Applications, ETRA 10*, pages 339–345. ACM, 2010.
- [4] John Brooke. *SUS-A quick and dirty usability scale*, volume 189. CRC Press, 1996.
- [5] Emiliano Castellina and Fulvio Corno. Accessible web surfing through gaze interaction. In *Gaze-based Creativity, Interacting with Games and On-line Communities*, pages 74–77, 2007.
- [6] Christof Lutteroth, Moiz Penkar, and Gerald Weber. Gaze vs. Mouse: A Fast and Accurate Gaze-Only Click Alternative. In *Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on User Interface Software Technology, UIST '15*, pages 385–394. ACM Press, 2015.
- [7] Heiko Drewes and Albrecht Schmidt. Interacting with the computer using gaze gestures. In *Proceedings of the 11th IFIP TC 13 International Conference on Human-computer Interaction - Volume Part II, INTERACT'07*, pages 475–488, Berlin, Heidelberg, 2007. Springer-Verlag.
- [8] Emmanuel Arias, Gustavo López, Luis Quesada, and Luis Guerrero. Web Accessibility for People with Reduced Mobility: A Case Study Using Eye Tracking. In Giuseppe Di Bucchianico and Pete Kercher, editors, *Advances in Design for Inclusion*, volume 500, pages 463–473. Springer International Publishing, Cham, 2016.
- [9] Paul M. Fitts. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of experimental psychology*, 47(6):381, 1954.

- [10] Henrik Skovsgaard, Julio C. Mateo, John M. Flach, and John Paulin Hansen. Small-target selection with gaze alone. In *Proceedings of the 2010 Symposium on Eye-Tracking Research Applications*, ETRA '10, pages 145–148. ACM Press, 2010.
- [11] William E Hick. On the rate of gain of information. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 4(1):11–26, 1952.
- [12] Anke Huckauf and Mario Urbina. Gazing with peye: New concepts in eye typing. In *Proceedings of the 4th Symposium on Applied Perception in Graphics and Visualization*, APGV '07, pages 141–141, New York, NY, USA, 2007. ACM.
- [13] Anke Huckauf and Mario H. Urbina. Object selection in gaze controlled systems: What you don't look at is what you get. *ACM Transactions on Applied Perception*, 8(2):1–14, January 2011.
- [14] Aulikki Hyrskykari, Howell Istance, and Stephen Vickers. Gaze gestures or dwell-based interaction? In *Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research and Applications*, ETRA '12, pages 229–232, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [15] Howell Istance, Aulikki Hyrskykari, Lauri Immonen, Santtu Mansikkamaa, and Stephen Vickers. Designing gaze gestures for gaming: An investigation of performance. In *Proceedings of the 2010 Symposium on Eye-Tracking Research Applications*, ETRA '10, pages 323–330, New York, NY, USA, 2010. ACM.
- [16] Robert J. K. Jacob. What you look at is what you get: Eye movement-based interaction techniques. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '90, pages 11–18, New York, NY, USA, 1990. ACM.
- [17] Robert J. K. Jacob. Virtual environments and advanced interface design. chapter Eye Tracking in Advanced Interface Design, pages 258–288. Oxford University Press, Inc., New York, NY, USA, 1995.
- [18] Gordon Kurtenbach and William Buxton. The limits of expert performance using hierarchic marking menus. In *Proceedings of the INTERCHI '93 Conference on Human Factors in Computing Systems*, INTERCHI '93, pages 482–487, Amsterdam, The Netherlands, The Netherlands, 1993. IOS Press.
- [19] Chris Lankford. Effective eye-gaze input into windows. In *Proceedings of the 2000 Symposium on Eye Tracking Research & Applications*, ETRA '00, pages 23–27, New York, NY, USA, 2000. ACM.
- [20] Päivi Majaranta and Kari-Jouko Räihä. Twenty years of eye typing: Systems and design issues. In *Proceedings of the 2002 Symposium on Eye Tracking Research & Applications*, ETRA '02, pages 15–22, New York, NY, USA, 2002. ACM.

- [21] Mario H. Urbina, Maike Lorenz, and Anke Huckauf. Pies with EYEs: the limits of hierarchical pie menus in gaze control. In *Proceedings of the 2010 Symposium on Eye-Tracking Research & Applications*, pages 93–96. ACM, 2010.
- [22] Masatake Yamato, Katsuro Inoue, Akito Monden, Koji Torii, and Ken-ichi Matsu-moto. Button selection for general GUIs using eye and hand together. In *Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces*, pages 270–273. ACM, 2000.
- [23] Michael Ashmore, Andrew T. Duchowski, and Garth Shoemaker. Efficient eye pointing with a fisheye lens. In *Proceedings of Graphics interface 2005*, pages 203–210. Canadian Human-Computer Communications Society, 2005.
- [24] Carlos H. Morimoto and Arnon Amir. Context switching for fast key selection in text entry applications. In *Proceedings of the 2010 Symposium on Eye-Tracking Research Applications*, ETRA '10, pages 271–274, New York, NY, USA, 2010. ACM.
- [25] Atsuo Murata, Kazuya Hayashi, and Makoto Moriwaka. Optimal scroll method to browse web pages using an eye-gaze input system. *The Japanese Journal of Ergonomics*, 47(4):127–138, 2011.
- [26] Kazutaka Onishi, Yusuke Kajiwar, Munehiro Nakamura, Hidetaka Nambo, and Haruhiko Kimura. A link selection method for web-browser using eye-gaze input: Eye-Gaze Browser. *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, 9(6):650–655, November 2014.
- [27] Abdul Moiz Penkar, Christof Lutteroth, and Gerald Weber. Eyes only: Navigating hypertext with gaze. In *Human-Computer Interaction – INTERACT 2013*, pages 153–169. Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- [28] Richard Bates and Howell Istance. Zooming interfaces!: enhancing the performance of eye controlled pointing devices. In *Proceedings of the fifth international ACM conference on Assistive technologies - Assets*, Assets '02, pages 119–126, New York, NY, USA, 2002. ACM Press.
- [29] G. Fraser Shein. *Towards task transparency in alternative computer access: selection of text through switch-based scanning*. PhD thesis, University of Toronto, 1997.
- [30] Henrik Skovsgaard, Kari-Jouko Räihä, and Martin Tall. Computer control by gaze. *Gaze interaction and applications of eye tracking: Advances in assistive technologies*, pages 78–102, 2011.

- [31] Colin Ware and Harutune H. Mikaelian. An evaluation of an eye tracker as a device for computer input². In *Proceedings of the SIGCHI/GI Conference on Human Factors in Computing Systems and Graphics Interface*, CHI '87, pages 183–188, New York, NY, USA, 1987. ACM.

Apêndice A

Guião Experimental

Guião experimental

Objetivos

A realização deste estudo tem como principal objetivo avaliar o grau de usabilidade de dois protótipos para navegar na internet, usando apenas o olhar. Para tal, é importante a medição de fatores como o tempo e a taxa de erro na seleção de links. Os resultados deste estudo serão comparados com a interação usando o rato.

Tarefas pré-teste

1. Responder ao questionário pré-teste;
2. Posicionar o *eye tracker* corretamente;
3. Calibrar o *eye tracker*;

Tarefas a realizar

- **Primeira parte (seleção de links textuais)**
 1. No browser *Google Chrome*, abrir a página <http://schools-wikipedia.org>;
 2. Usando o **rato/Actigaze/EyeLinks**, treinar a navegação na página durante **30seg/2min/2min**
 3. Selecionar os links pedidos pelo coordenador (**cronometrado**);
 4. Responder ao questionário SUS;
 5. Repetir os passos 2, 3 e 4 para as restantes técnicas de interação;
 6. Responder ao questionário pós-tarefa;
- **Segunda parte (navegação normal)**
 1. Abrir a página www.bbc.com ou uma página à escolha;
 2. Através do **EyeLinks**, navegar livremente durante **3 minutos**;
 3. Preencher questionário pós-teste.

Sequência de links textuais a selecionar:

- the Lord of the Rings;
- University of Oxford;
- Countries;
- History;
- African history;
- History of Algeria;
- North Africa;
- Art
- Geography;
- African Geography;
- Cities;

- Dakar;
- Senegal;
- Music;
- Musical instruments;
- Flute;
- Musical instrument;
- Sound;
- Liquid;
- Plasma;
- Electrons;
- Electric charge;
- Mathematics;
- Absolute Value;
- Computer programming;
- Formal logic;
- Language and literature;
- Languages;
- Science;
- Chemistry.

Apêndice B

Questionários

Questionário Pré-Teste

Duração aproximada de 1 minuto.

Agradecemos desde já a sua colaboração.

***Required**

1. Idade *

Mark only one oval.

- ☐ Menos de 18 anos
- ☐ 18 - 30 anos
- ☐ 30 - 50 anos
- ☐ Mais de 50 anos

2. Sexo *

Mark only one oval.

- ☐ Feminino
- ☐ Masculino

3. Habilitações literárias *

Mark only one oval.

- ☐ Ensino Básico
- ☐ Ensino Secundário
- ☐ Licenciatura
- ☐ Mestrado ou superior
- ☐ Outro

4. Com que frequência navega na internet? **Mark only one oval.*

- ☐ Todos os dias
- ☐ 5-6 dias por semana
- ☐ 3-4 dias por semana
- ☐ 1-2 dias por semana
- ☐ Nunca

5. Já utilizou um eye tracker? **Mark only one oval.*

- ☐ Sim
- ☐ Não

6. Está a usar óculos ou lentes de contacto? **Mark only one oval.*

- ☐ Sim
- ☐ Não

7. Tem alguma deficiência visual? **Mark only one oval.*

- ☐ Sim
- ☐ Não *Stop filling out this form.*

8. Tem astigmatismo? **Mark only one oval.*

- ☐ Sim
- ☐ Não

SUS Protótipo Colorido

*Required

1. Penso que gostaria de usar este sistema frequentemente. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

2. Achei o sistema desnecessariamente complexo. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

3. Achei que o sistema foi fácil de utilizar. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

4. Penso que iria precisar do suporte de alguém especializado para poder usar este sistema. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

5. Achei que as várias funcionalidades do sistema estavam bem integradas. **Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

6. Achei que havia demasiada inconsistência neste sistema. **Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

7. Imagino que a maioria das pessoas iria aprender a usar este sistema muito rapidamente. **Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

8. Achei o sistema muito incómodo de utilizar. **Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

9. Senti-me muito confiante ao utilizar o sistema. **Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

06/07/2017

SUS Protótipo Colorido

10. **Precisaria de aprender muitas coisas antes de me poder habituar a este sistema.** *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

Powered by
 Google Forms

SUS Protótipo Numérico

*Required

1. Penso que gostaria de usar este sistema frequentemente. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

2. Achei o sistema desnecessariamente complexo. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

3. Achei que o sistema foi fácil de utilizar. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

4. Penso que iria precisar do suporte de alguém especializado para poder usar este sistema. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

5. Achei que as várias funcionalidades do sistema estavam bem integradas. **Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

6. Achei que havia demasiada inconsistência neste sistema. **Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

7. Imagino que a maioria das pessoas iria aprender a usar este sistema muito rapidamente. **Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

8. Achei o sistema muito incómodo de utilizar. **Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

9. Senti-me muito confiante ao utilizar o sistema. **Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

06/07/2017

SUS Protótipo Numérico

10. **Precisaria de aprender muitas coisas antes de me poder habituar a este sistema.** *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

Powered by
 Google Forms

SUS Rato

*Required

1. Penso que gostaria de usar este sistema frequentemente. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

2. Achei o sistema desnecessariamente complexo. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

3. Achei que o sistema foi fácil de utilizar. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

4. Penso que iria precisar do suporte de alguém especializado para poder usar este sistema. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

5. Achei que as várias funcionalidades do sistema estavam bem integradas. **Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

6. Achei que havia demasiada inconsistência neste sistema. **Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

7. Imagino que a maioria das pessoas iria aprender a usar este sistema muito rapidamente. **Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

8. Achei o sistema muito incómodo de utilizar. **Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

9. Senti-me muito confiante ao utilizar o sistema. **Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

06/07/2017

SUS Rato

10. **Precisaria de aprender muitas coisas antes de me poder habituar a este sistema.** *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo bastante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo bastante

Powered by
 Google Forms

Questionário Pós-Tarefa

Questionário pós-tarefa (seleção de hyperlinks)

Duração aproximada de 5 minutos.

Algumas perguntas são de resposta obrigatória, estando estas assinaladas com um *.

Agradecemos desde já a sua colaboração.

*Required

1. Achei fácil familiarizar-me com o protótipo numérico. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Completamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo Completamente

2. Teve alguma dificuldade na interação com o protótipo numérico, que gostaria de destacar?

3. Como compara a facilidade de utilização do protótipo numérico face ao rato? *

Mark only one oval.

- ☐ Melhor que o rato
- ☐ Semelhante ao rato *Skip to question 5.*
- ☐ Pior que o rato *Skip to question 6.*

4. Indique quais as razões pelas quais considera a usabilidade deste protótipo superior à do rato.

*

Tick all that apply.

- ☐ Sinto que consigo seleccionar o link desejado com maior rapidez
- ☐ Para um período de interação longo, não cansa tanto como o rato
- ☐ Não preciso de operar qualquer dispositivo durante a interação
- ☐ Sinto que não ocorrem tantos erros e/ou tentativas falhadas de seleção (em relação ao rato)
- ☐ Other: _____

*Skip to question 7.***5. Indique quais as razões pelas quais considera a usabilidade deste protótipo semelhante à do rato.**

*

Tick all that apply.

- ☐ Sinto que os tempos de seleção são semelhantes
- ☐ Para um período de interação longo, o nível de cansaço seria semelhante ao do rato
- ☐ Sinto que o facto de não ser preciso operar nenhum dispositivo, compensa um tempo de seleção superior
- ☐ Sinto que, tal como o rato, a probabilidade de ocorrer um erro ou tentativa falhada de seleção, é muito reduzida
- ☐ Sinto que o processo de seleção não é complicado em comparação com o rato
- ☐ Other: _____

Skip to question 7.

6. Indique quais as razões pelas quais considera a usabilidade deste protótipo inferior à do rato. **Tick all that apply.*

- ☐ Sinto que os tempos de seleção são superiores
- ☐ Para um período de interação longo, é mais cansativo do que o rato
- ☐ Sinto que o facto de não operar nenhum dispositivo, causa confusão no processo de interação
- ☐ Sinto que o número de erros e/ou tentativas falhadas de seleção é superior
- ☐ Sinto que o processo de seleção é complicado, em comparação com o rato
- ☐ Other: _____

7. Achei fácil familiarizar-me com o protótipo colorido **Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo Completamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo Completamente

8. Teve alguma dificuldade na interação com o protótipo colorido, que gostaria de destacar?

9. O tempo de fixação para o aparecimento de cor atrás do hyperlink é: **Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito reduzido	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito elevado

10. O tempo de fixação para a seleção de um botão colorido é: **Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito reduzido	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito elevado

11. Como compara a facilidade de utilização do protótipo colorido face ao rato? **Mark only one oval.*

- ☐ Melhor que o rato
- ☐ Semelhante ao rato *Skip to question 13.*
- ☐ Pior que o rato *Skip to question 14.*

12. Indique quais as razões pelas quais considera a usabilidade deste protótipo superior à do rato. **Tick all that apply.*

- ☐ Sinto que consigo selecionar o link desejado com maior rapidez
- ☐ Para um período de interação longo, não cansa tanto como o rato
- ☐ Não preciso de operar qualquer dispositivo durante a interação
- ☐ Sinto que não ocorrem tantos erros e/ou tentativas falhadas de seleção (em relação ao rato)
- ☐ Other: _____

Skip to question 15.

13. Indique quais as razões pelas quais considera a usabilidade deste protótipo semelhante à do rato. **Tick all that apply.*

- ☐ Sinto que os tempos de seleção são semelhantes
- ☐ Para um período de interação longo, o nível de cansaço seria semelhante ao do rato
- ☐ Sinto que o facto de não ser preciso operar nenhum dispositivo, compensa um tempo de seleção superior
- ☐ Sinto que, tal como o rato, a probabilidade de ocorrer um erro ou tentativa falhada de seleção, é muito reduzida
- ☐ Sinto que o processo de seleção não é complicado em comparação com o rato
- ☐ Other: _____

*Skip to question 15.***14. Indique quais as razões pelas quais considera a usabilidade deste protótipo inferior à do rato. ****Tick all that apply.*

- ☐ Sinto que os tempos de seleção são superiores
- ☐ Para um período de interação longo, é mais cansativo do que o rato
- ☐ Sinto que o facto de não operar nenhum dispositivo, causa confusão no processo de interação
- ☐ Sinto que o número de erros e/ou tentativas falhadas de seleção é superior
- ☐ Sinto que o processo de seleção é complicado, em comparação com o rato
- ☐ Other: _____

15. Neste cenário de seleção de hyperlinks, qual o protótipo que considerou mais fácil de utilizar? **Mark only one oval.*

- ☐ Protótipo numérico
- ☐ Protótipo colorido

16. Indique as razões da sua resposta acima. **Tick all that apply.*

- ☐ Sinto que o protótipo escolhido apresenta tempos de seleção menores
- ☐ Sinto que o protótipo escolhido tem um procedimento de seleção mais intuitivo
- ☐ Sinto que o protótipo escolhido não é tão propício à ocorrência de erros de seleção
- ☐ Sinto que o protótipo escolhido não é tão propício a tentativas falhadas de seleção
- ☐ Sinto que o protótipo escolhido tem um impacto visual menor, provocando menos distrações durante o processo de seleção
- ☐ Sinto que o protótipo escolhido é o único viável para a seleção de hyperlinks (excluindo o rato)
- ☐ Other: _____

17. De entre as três formas de interação testadas (rato, protótipo numérico e protótipo colorido), qual a que considera mais viável para a seleção de hyperlinks? **Mark only one oval.*

- ☐ Rato
- ☐ Protótipo numérico
- ☐ Protótipo colorido

Questionário Pós-Teste

Na resposta a este questionário é importante que tenha em conta a imprecisão do eye tracker e o efeito inevitável que tem nos erros/tentativas de seleção dos botões laterais dos protótipos testados.

Este questionário tem duração aproximada de 7 minutos e está dividido em duas partes. Algumas perguntas são de resposta obrigatória, estando estas assinaladas com um *.

Agradecemos desde já a sua colaboração.

Primeira parte: Questões relativas ao Protótipo NUMÉRICO.

***Required**

1. Qual considera ser a principal razão para a ocorrência de erros ou tentativas falhadas na seleção de botões? *

Mark only one oval.

- ☐ Instabilidade devido à imprecisão do eye tracker
- ☐ Botões com tamanho reduzido e/ou espaçamento insuficiente
- ☐ Não experienciei erros ou tentativas falhadas durante as tarefas
- ☐ Other: _____

2. As barras laterais são discretas e não causam distrações desnecessárias. *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo completamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo completamente

3. As barras laterais necessitam de alterações na sua implementação, de modo a reduzir erros e tentativas falhadas de seleção. *

Mark only one oval.

- ☐ Sim
- ☐ Não *Skip to question 5.*

Skip to question 5.

4. Assinale as opções que considere relevantes, quanto a alterações às barras laterais. *

Tick all that apply.

- ☐ Devia ter outro esquema de cores
- ☐ O esquema de cores devia variar consoante a página atual
- ☐ Os botões deviam ter outro formato
- ☐ Os botões deviam ter texto com fonte diferente
- ☐ A largura da barra é insuficiente
- ☐ A largura da barra é exagerada
- ☐ O tamanho dos números/icones dos botões é reduzido
- ☐ O tamanho dos números/icones dos botões é exagerado
- ☐ O tamanho dos botões é reduzido
- ☐ O tamanho dos botões é exagerado
- ☐ O espaçamento entre os botões é reduzido
- ☐ O espaçamento entre os botões é exagerado
- ☐ Other: _____

5. Considera adequado o posicionamento da barra de progresso (barra de feedback) de cada botão? *

Mark only one oval.

- ☐ Sim *Skip to question 7.*
- ☐ Não

Skip to question 7.

6. Qual considera ser o posicionamento ideal para a barra de progresso? **Mark only one oval.*

- ☐ Dentro do botão, na horizontal, em baixo
- ☐ Dentro do botão, na vertical, à esquerda
- ☐ Dentro do botão, na vertical, à direita
- ☐ Other: _____

7. O tempo de fixação do olhar para o aparecimento dos números junto aos links é: **Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito reduzido	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito elevado

8. Considera o uso de outro tipo de identificação (um símbolo, ou cor, por exemplo) mais adequado que a identificação numérica? **Mark only one oval.*

- ☐ Sim
- ☐ Não *Skip to question 10.*

*Skip to question 10.***9. Que tipo de identificação para um link considera mais adequado? ****Mark only one oval.*

- ☐ Cor
- ☐ Símbolo
- ☐ Other: _____

10. Teve algum problema com a visibilidade dos links na página, durante a interação? **Mark only one oval.*

- ☐ Sim
- ☐ Não *Skip to question 12.*

Skip to question 12.

11. Indique quais os problemas que ocorreram com a visibilidade dos links. *

Tick all that apply.

- ☐ Os identificadores sobrepõem alguns links
- ☐ Alguns dos identificadores estão mal colocados em relação ao link correspondente
- ☐ Em alguns planos de fundo, o esquema de cores fixo (vermelho/branco) não permitiu perceber a correspondência entre link e identificador
- ☐ Other: _____

12. O tempo de fixação para a seleção de um botão na barra lateral é: *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Muito reduzido	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito elevado

13. O que acha de ser mostrado um cursor? *

Mark only one oval.

- ☐ Discordo, porque atrapalha a seleção dos botões
- ☐ Discordo, porque apesar de permitir perceber para onde estou a olhar, atrapalha a seleção dos botões
- ☐ Concordo, porque não atrapalha a seleção dos botões
- ☐ Concordo, porque permite perceber para onde estou a olhar e não atrapalha a seleção dos botões
- ☐ Other: _____

14. Considera relevante o botão de "refresh" da página? *

Mark only one oval.

- ☐ Sim
- ☐ Não

15. Tem alguma sugestão para melhorar o protótipo numérico?

Segunda parte

Questões de preferência entre os meios de interação testados e questões gerais

16. Considera a interação usando o olhar como uma alternativa viável ao rato? (apenas para as tarefas realizadas durante o teste) *

Mark only one oval.

- ☐ Sim
- ☐ Não

17. Indique em que contextos considera útil a interação usando o olhar.

Tick all that apply.

- ☐ Acessibilidade (pessoas com deficiências físicas)
- ☐ Multi-tarefa
- ☐ Uso quotidiano
- ☐ Other: _____

18. Que tipo de funcionalidades gostaria de ver implementadas no futuro, no protótipo numérico?*Tick all that apply.*

- ☐ Permitir a entrada de texto
- ☐ Permitir a seleção de todo o tipo de links existentes na web
- ☐ Permitir a adição de uma página aos favoritos
- ☐ Permitir o uso de atalhos (como o Ctrl + C / V)
- ☐ Permitir ampliar o conteúdo das páginas web
- ☐ Other: _____

19. Utilizaria o protótipo numérico novamente? **Mark only one oval.*

- ☐ Sim
- ☐ Não